

52^e jaargang

6 | '84

natuur en techniek

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad

Bij de omslag

De gecombineerde groei van kennis en technologie leidde tot ongekende analyse- en synthesemogelijkheden. Toch is het synthetiseren van nieuwe chemische stoffen, zoals kleurstoffen die in levensmiddelen en cosmetica (pag. 434 e.v.) gebruikt worden, een kostbare aangelegenheid. Niet alleen vereist het onderzoek ernaar veel arbeidsuren, ook de investering in dure apparatuur vergt bergen geld. Op de omslagfoto ziet u hoe een analist een oplossing van een kleurstof droogdampt.

(Foto: Janssen Pharmaceutica, Beerse)

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht. Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Telefoon: 043-54044*.

Voor België: Tervurenlaan 62, 1040-Brussel. Telefoon: 0031-4354044.

Advertentie-exploitatie: D. Weijer. Tel. 05987-23065.

Hoofdredacteur: Th.J.M. Martens.

Redactie: lic. P. Van Dooren, Drs. T.J. Kortbeek, Drs. H.R. Roelfsema, J.A.B. Verduijn.

Redactiesecretaresse: T. Habets-Oldé Juninck.

Redactiemedewerkers: Drs. J.H. Frijlink, A. de Kool, Drs. Chr. Titulaer en Dr. J. Willems.

Wetenschappelijke correspondenten: Ir. J.D. van der Baan, Dr. P. Bentvelzen, Dr.

W. Bijleveld, Dr. E. Dekker, Drs. C. Floor, Dr. L.A.M. v.d. Heijden, Ir. F. Van Hulle, Dr. F.P.

Israel, Prof. dr. H. Janssens, Drs. J.A. Jasperse, Dr. D. De Keukeleire, Dr. F.W. van

Leeuwen, Ir. T. Luyendijk, Dr. C.M.E. Otten, Ir. A.K.S. Polderman, Dr. J.F.M. Post, R.J.

Querido, Dr. A.F.J. v. Raan, Dr. A.R. Ritsema, Ir. G.J. Schiereck, Dr. M. Sluysen, Prof. dr.

J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof. dr. W. J. van Doorenmaalen, Prof. dr. W. Fiers, Prof. dr.

J. H. Oort, Prof. dr. ir. A. Rörsch, Prof. dr. R. T. Van de Walle, Prof. dr. F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin

te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, W. Keulers-v.d. Heuvel, M. Verreijt.

Druk.: VALKENBURG offset, Echt (L.). Telefoon 04754-1223*.

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), DIE UMSCHAU (D), SCIENZA E TECNICA (I) en TECHNOLOGY IRELAND (EI), met de steun van het Directoraat-generaal Informatiemarkt en Innovatie van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.

EURO
ARTIKEL

Abonnementsprijs (12 nummers per jaar, incl. porto): Voor Nederland, resp. België: f 89,50 of 1725 F. Overige landen: + f 35,- extra porto (zeepost) of + f 45,- tot f 120,- (lucht-post). Losse nummers: f 8,- of 150 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari óf per 1 juli, doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar. Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen: Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v. Natuur en Techniek te Maastricht.

Voor België: nr. 000-0157074-31 t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

Bankrelaties: Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.

Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).



ISSN 0028-1093

Een uitgave van

 **Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.**

pag. 414-433

SISO 584, 586.6


P.H. Nienhuis - Zeegras - Mysterieuze opkomst en ondergang van een waterplant.

Het komen en gaan van waterplanten is een probleem met internationale dimensies. Plotselinge explosies kunnen zorgen voor uiterst hinderlijke overwoekeringen van bijvoorbeeld vaarwegen. Het plots verdwijnen kan fataal zijn voor een ecosysteem of een met de plant verbonden industrie. Het zeegras is een spectaculair voorbeeld ervan. In de jaren dertig verdween het plots uit het Waddengebied: het einde van een hele industrie. Na de afsluiting van het Grevelingenmeer in 1971 kwam het er explosief voor. In 1980 nam het onverwacht weer heel sterk af.

pag. 434-453

SISO 675


H.M. Brand, Th. Mooy - Kleurstoffen - Het oog wil ook wat.

Heeft u zich wel eens afgevraagd, hoe dat nu zit met die 'lekkere' kleurtjes die snoep soms zo heeft, hoe uw drankje zo betoverend groen geworden is, of hoe lippenstift of nagellak aan zijn kleur komt? Hoe gevaarlijk zijn die kleurstoffen nu eigenlijk voor het organisme? Waarom worden ze eigenlijk toegepast? Het blijkt dat kleurstoffen voornamelijk gebruikt worden om een bepaald produkt een 'aantrekkelijk' uiterlijk te geven opdat het 'geconsumeerd' zal worden. Het gebruik van kleurstoffen is in den lande streng gereguleerd en zelfs op internationale schaal al via EG-overeenkomsten.

pag. 454-473

SISO 614, 623, 652


E. Caplun, D. Petit, E. Picciotto - Lood in benzine - Kan schade nuttig zijn?

De helft van het lood dat door menselijk toedoen in de atmosfeer terecht komt, is voor rekening van de benzine, waarin het voorkomt als anti-klop middel. Er is echter nog maar weinig bekend over de effecten van dit lood. Zowat overal is intussen, vaak onder zware druk van de consumenten, een wetgeving tot stand gekomen, die de benzineproducenten verplicht het loodgehalte van de benzine geleidelijk aan te verlagen. Met onvolledige gegevens zal Europa toch een keuze moeten maken tussen maximaal nut en minimale schade.

pag. 474-493

SISO 614.89


J.A. van der Does - De bloedbank in een stroomversnelling - De computer houdt een vinger aan de pols.

Computers zijn uit onze maatschappij niet meer weg te denken. Iedereen krijgt er mee te maken. Ook in de verschillende bloedbanken worden steeds meer computers gebruikt voor de administratie van de bloeddonoren en van de testresultaten die vanuit het laboratorium, waar de bloedmonsters zijn onderzocht, zijn verkregen. Hoewel er voor de donor niet veel zal veranderen, is er in zowel het laboratorium als in de afdeling waar het bloed bewerkt wordt, de laatste tijd een omvangrijke automatisering doorgevoerd, die de kans op fouten verkleint.

pag. VIII-IX
pag. X
pag. 494-495
pag. 496
Bijlage

Boeken.
Bezienswaardig.
Actueel.
Tekst van Toen.
'Weet wat je eet'-poster.



Cambridge Encyclopedie van de Aardwetenschappen

Onder redactie van Dr. David G. Smith, PhD.
Met bijdragen van 32 eminente onderzoekers
en hoogleraren uit de hele wereld
Nederlandse bewerking door de redactie van
Natuur en Techniek

De *Cambridge encyclopedie van de aardwetenschappen* is een veelomvattend werk dat bruikbaar is voor de leek die een term verklaard wil zien, de geïnteresseerde die een eerste oriëntatie zoekt of de wetenschapper die een bruik-

baar naslagwerk nodig heeft. De auteurs werden gekozen op hun vakkennis én op hun pedagogische kwaliteiten, zodat zij ons gedegen informatie geven, maar op een meeslepende wijze. Enthousiast als ze zelf zijn tonen ze ons onze moederplaneet, de Aarde, vanuit meer invalshoeken dan we voor mogelijk hielden. Alleen al de ruimtevaart leverde ons in twintig jaar meer feiten en inzichten dan de twintig eeuwen voordien. Die worden nu voor het eerst in perspectief gebracht in een samenhangend kader, zodat we met recht van de 'nieuwe aardwetenschap' mogen spreken. Dit boek geeft ons een bevoorrechte uitkijk over dat gehele gebied.

**Twee nieuwe
standaardwerken van**

DE CAMBRIDGE ENCYCLOPEDIE

**Prijs in de boekhandel: f 175,- of 3180 F
resp. f 199,- of 3618 F**

**Bij aankoop van beide delen te zamen
voor onze abonnees: f 125,- of 2400 F
per deel**

**Een prijsvoordeel derhalve van
f 124,- of 1998 F**

Deze speciale aanbieding voor onze abonnees is slechts geldig tot en met 15 juli 1984 en alleen voor abonnees op Natuur en Techniek (die hun abonnement ook betaald hebben).

De prijs van f 125,- of 2400 F geldt bovendien alleen als beide boeken **te zamen** worden besteld.

Betaling kan dan geschieden in vier gelijke termijnen van f 65,- of 1250 F (incl. verzendkosten) vóór 31 december 1984.

Apart blijven ze uitsluitend verkrijgbaar tegen de aparte abonnee- of boekhandels-prijs.

Cambridge Encyclopedie van de Archeologie

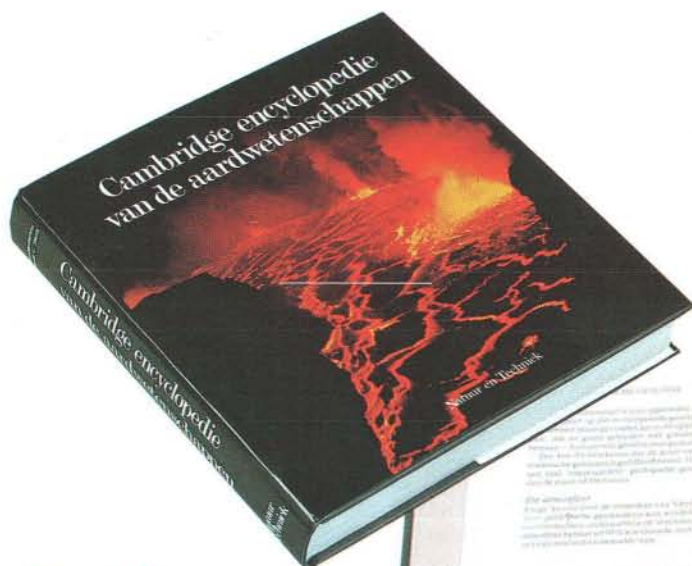
**Onder redactie van Dr. Andrew Sheratt,
MA, Ph D, FSA**

**Met bijdragen van 35 eminente onderzoekers
en hoogleraren uit de hele wereld**

De Cambridge Encyclopedie van de Archeologie is niet alleen een woordenboek of feitenverzameling. Hier worden de belangrijkste thema's van de archeologie behandeld, en wel op een dynamische wijze. De schrijvers zelf zijn nog steeds actief in hun eigen vakgebied.

Doordat zij elk op hun terrein aan het front van de wetenschap staan hebben zij niet alleen een goed overzicht van de huidige stand van onze kennis, maar weten zij ook heel goed wat er nog te ontdekken valt. Zij leiden ons rond in de mysterieuze wereld van de archeologie, maar laten ons ook deelnemen aan het fascinerende epos van het ontstaan van kennis. Door nieuwe technieken en vondsten is de archeologie tijdens de laatste decade in een stroomversnelling terechtgekomen die het zelfs voor specialisten moeilijk maakt het geheel nog te overzien. Dit werk vormt meteen het eerste veelomvattende overzicht van deze vernieuwing en vooruitgang.

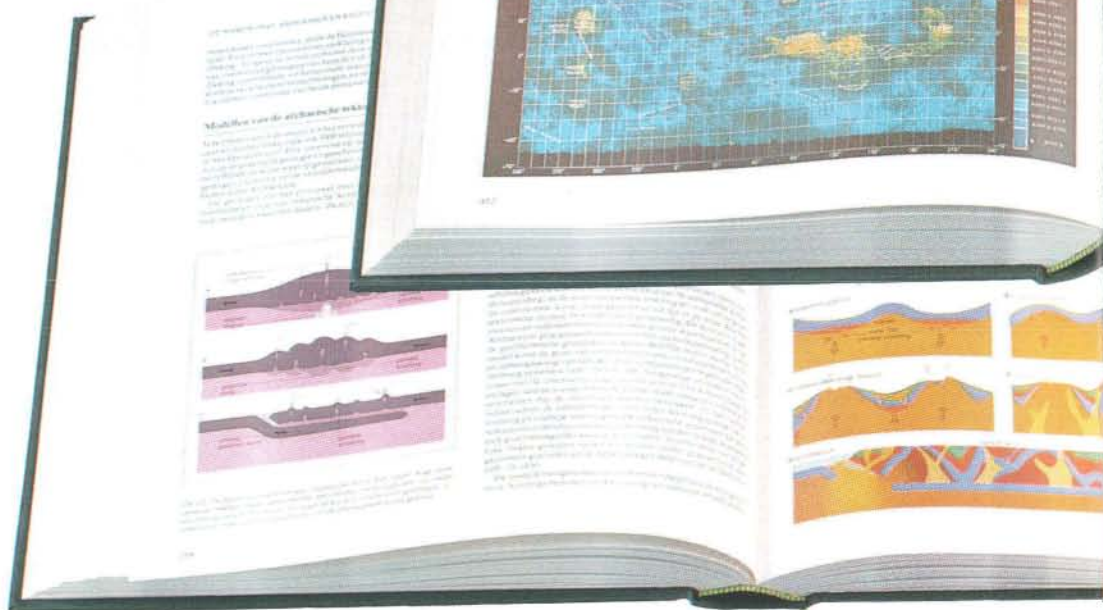




Een uitgave van

**natuur
en
techniek**

Cambridge Encyclopedie van de Aardwetenschappen



Het gebeurt zelden dat wetenschappelijke onderzoekers deelgenoot zijn aan een episode waarin inzichten zo snel en fundamenteel veranderen dat men termen als 'wetenschappelijke revolutie' gebruikt om die activiteit te be-

schrijven. Toch is dit de laatste decennia in de aardwetenschappen gebeurd.

De revolutie brak in het begin van de jaren zestig in Cambridge uit dank zij een bezoeker uit Princeton, Harry Hess, die de oceaan-

bekkens beschreef als veranderlijke verschijnselen. Hij ontdekte een kettingreactie van theorieën en tegentheorieën, die uiteindelijk uitmondde in de platen tektoniek. Voor het eerst had men een samenhangende verklaring voor

de verspreiding van oceaanketens, de vorming van gebergtekens, het optreden van aardbevingen en vulkanen. Bovendien kon de theorie getoetst worden. In 1969 begon het grootste en meest prestigieuze project uit de gehele geschiedenis van de aard-

wetenschappen, het Deep Sea Drilling Project.

Tegelijkertijd leverde de ruimtevaart een nieuwe — en scherpe — blik op onze planeet. Veel van de fundamentele dogma's bleken op hun best halve waarheden, als ze al niet helemaal fout waren.

Er ontstond een nieuwe synthese, die door een groep internationale deskundigen neergelegd werd in de *Cambridge Encyclopedie van de Aardwetenschappen*. Meteen na het gereedkomen startte de redactie van Natuur en Techniek met een Nederlandse versie.

Het is een fraai uitgevoerd standaardwerk geworden in algemeen begrijpelijke taal, rijk geïllustreerd met o.a. tekeningen in kleuren en markante kleurenfoto's die alle aspecten van de aardwetenschappen belichten — niet alleen geologie, geochemie en geofysica, maar ook daarmee samenhangende vakgebieden en onderwerpen zoals meteorologie, milieu, energie, delfstoffen, mineralen, paleontologie, de evolutie van het leven op Aarde en de plaats van de Aarde tussen de planeten en de sterren. Het werk is verder voorzien van een verklarende woordenlijst waarin alle vaktermen uit de geologie en uit relevante hoofdstukken van o.a. de natuurkunde, biologie en astronomie worden verklaard. Uiteraard is ook een uitgebreid register aanwezig. Hierdoor is de *Cambridge Encyclopedie van de Aardwetenschappen* zowel een leerzaam oriëntatieboek als een nuttig naslagwerk geworden.



ISBN 90 228 2242 7

Uit de inhoud

Geschiedenis van de aardwetenschappen

Geofysica

Geochemie

Processen in de aardkorst

Evolutie van de aardkorst

Oppervlakteprocessen en milieus

Ontstaan van het leven

Teledetectie en andere technieken

De economie van de grondstoffen

Geologische gevaren

Extraterrestrische geologie

INHOUD

495 pagina's

27 hoofdstukken

517 illustraties

verklarende woordenlijst

uitgebreid register

FORMAAT

27 x 25,5 cm

AUTEURS

32 auteurs

11 adviseurs

LOSSE PRIJS

f 175,- of 3180 F

Voor abonnees op **Natuur en Techniek**

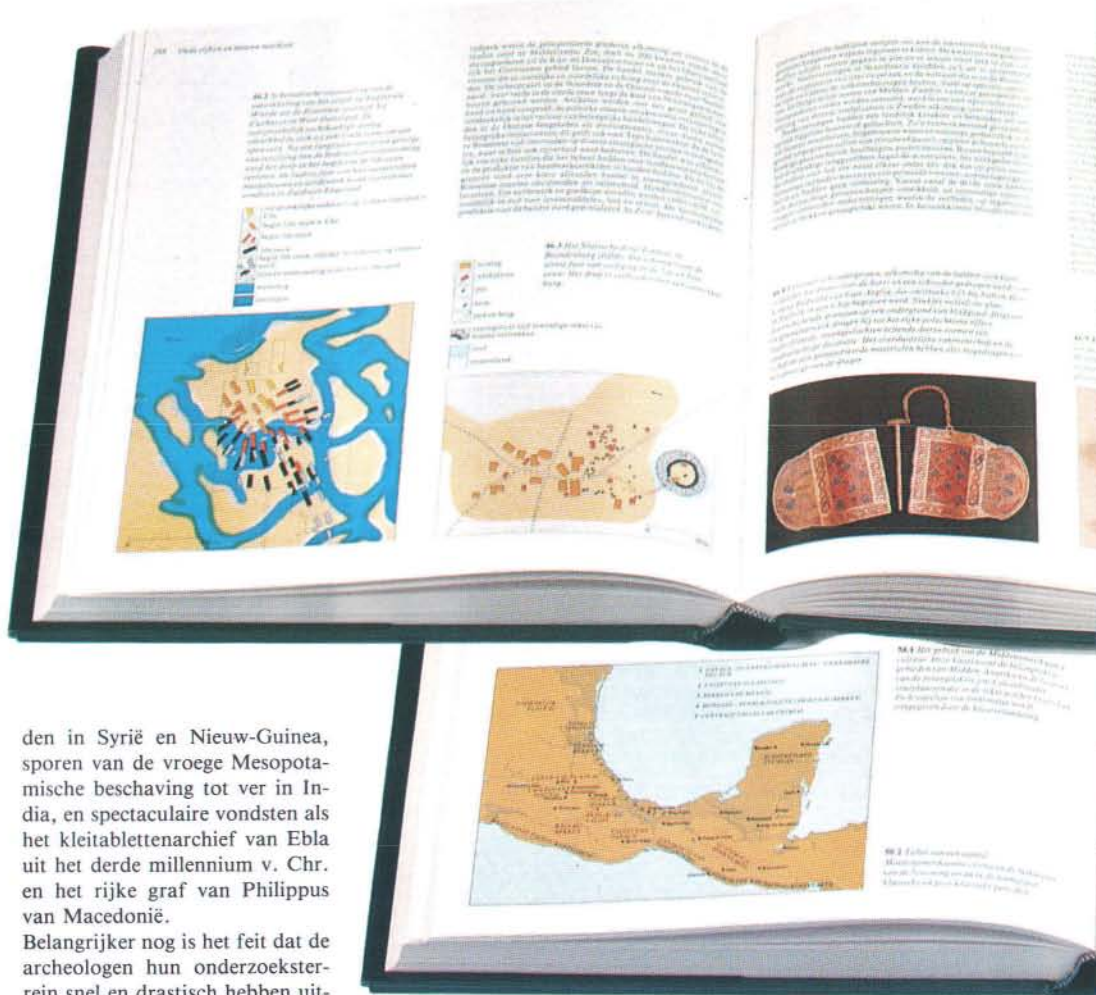
f 145,- of 2785 F

Cambridge Encyclopedie van de Archeologie

In de afgelopen 10 jaar heeft de archeologie een revolutionaire ontwikkeling ondergaan en als gevolg daarvan geheel nieuwe inzichten gebracht betreffende de oorsprong en de oudste geschiedenis van de mensheid. Er zijn indrukwekkende nieuwe ontdekkingen gedaan — twee miljoen jaar oude kampplaatsen van de oudste mens in Afrika, bewijzen voor het reeds beoefenen van landbouw zeker 10000 jaar gele-

gebreid: zij hebben geavanceerde analysetechnieken uit de fysica en de biologie voor hun werk aangepast; zij hebben relevante onderzoeksresultaten uit andere sociale wetenschappen bestudeerd en toegepast — antropologie, geografie, demografie, economische geschiedenis; zij hebben intrigerende nieuwe theorieën opgesteld om de processen van culturele verandering welke de mens hebben gemaakt van jager tot astronaut te reconstrueren en vooral ook te verklaren. De *Cambridge Encyclopedie van de Archeologie* vormt het eerste veelomvattende overzicht van deze vernieuwing en vooruitgang.

Zowel in tijd als in ruimte wordt een wereldomvattend encyclopedisch verslag gegeven, vanaf de komst van de eerste mens tot aan de expansie van het middeleeuwse Europa. Nagegaan wordt de gehele ontwikkelingsgang van de moderne mens door de revolutionaire veranderingen in taal, cultuur en technologie, die plaatsvonden in de laatste ijstijd en de daaropvolgende ontwikkelingen in de postglaciale periode — het begin van de landbouw, waardoor een nieuwe relatie met de natuurlijke omgeving ontstond, die leidde tot een grote toename in bevolkingsaantal en nieuwe vormen van sociale organisatie in



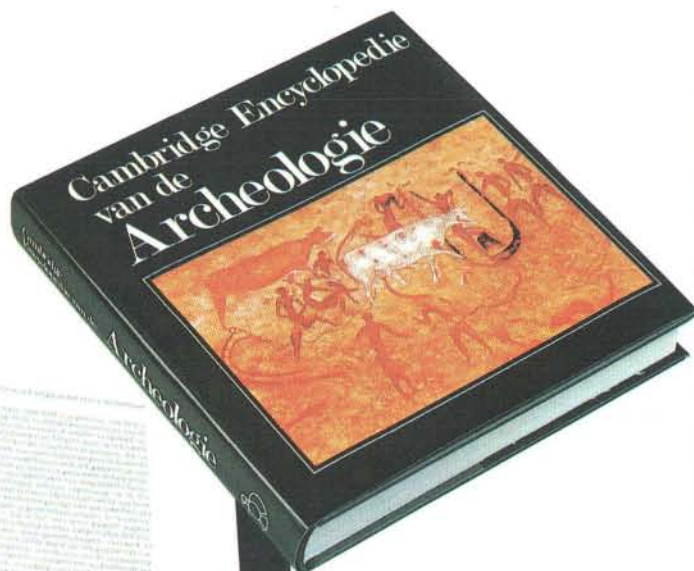
den in Syrië en Nieuw-Guinea, sporen van de vroege Mesopotamische beschaving tot ver in India, en spectaculaire vondsten als het kleitablettenarchief van Ebla uit het derde millennium v. Chr. en het rijke graf van Philippus van Macedonië. Belangrijker nog is het feit dat de archeologen hun onderzoeksterrein snel en drastisch hebben uit-

steden, staten en rijken, waardoor de mensheid op de drempel van de huidige moderne wereld kwam te staan.

De kaarten, tekeningen en andere illustraties, waarvan vele in kleur,

vormen een aparte visuele presentatie. Zij zijn alle uitgekozen of ontworpen om zo direct mogelijk het voornaamste bewijsmateriaal van de archeologie te tonen en de veelal complexe informatie en

ideeën op leesbare wijze te interpreteren. Chronologische overzichten, wereldkaarten, bibliografieën en uiteraard een uitgebreide index completeren dit standaardwerk.



Uit de inhoud

Geschiedenis van de archeologie
De mens als jager
De postglaciale revolutie
De vroege rijken van de westelijke Oude Wereld
Rijken in de oostelijke Oude Wereld
Oude rijken en nieuwe machten
Op de grens van de Oude Wereld
De Nieuwe wereld
Patroon en ontwikkeling
Datering en dateringsmethoden
Vergelijkende chronologieën
Chronologische atlas

ISBN 90 228 3684 3

INHOUD

495 pagina's
62 hoofdstukken
350 illustraties
omvangrijke bibliografie
uitgebreid register

FORMAAT

27 x 25,5 cm

AUTEURS

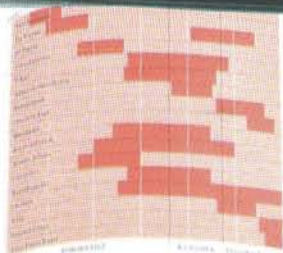
35 auteurs
12 adviseurs

LOSSE PRIJS

f 199,- of 3618 F

Voor abonnees op Natuur en Techniek

f 145,- of 2785 F



Mathematisch circus

Martin Gardner, Het mathematische circus, uitg. Bert Bakker, Amsterdam, 1983. Prijs f 19,50.

Dit is weer één van de kostelijke boekjes van Martin Gardner. Het behandelt velerlei onderwerpen, waaronder een aantal wiskundig getinte. Hiervan hoeft men niet te schrikken, want Gardner verstaat de kunst, als geen ander, om zelfs moeilijke wiskunde zo op te dienen dat het erin gaat als zoete koek. De hoofdstukken zijn oorspronkelijk verschenen in de maandelijkse column van *Scientific American*. Een dergelijk boek moet dus haast wel per hoofdstuk besproken worden.

In de inleiding verdedigt Gardner de waarde van de speelse wiskunde, vooral in het onderwijs. Hetzelfde doet ik wat betreft het onderwijs in informatica. Het is een goede manier om de leerlingen te boeien met veelal gemakkelijk formuleerbare problemen die toch leiden tot belangrijke wiskundige inzichten.

Het hoofdstuk 'optische illusies' geeft een hele reeks bekende en minder bekende vormen van gezichtsbedrog. Gardner zou Gardner niet zijn als hij hierbij ook niet een op gezichtsbedrog berustende goocheltruc ten tonele voert.

'Inductiepatronen' is misschien wel het meest interessante hoofdstuk. De hoofdschotel is het inductiespel van Sid Sackson. Dit spel is gebaseerd op patroonherkenning en is beschreven in Sid's boek 'A Gamut of Games', dat in dit hoofdstuk wordt besproken. De delen 'Random wandelingen en gokken' en 'Random wandelingen in het platte vlak en in de ruimte' geven een populaire behandeling van een voor de praktijk belangrijk stuk waarschijn-

lijkeidsrekening. Het gaat over de zogenaamde dronkemanswandelingen. Dit is het soort wandeling dat een beschonken persoon uitvoert, als hij bij elk kruispunt het lot laat bepalen of hij links, rechts of rechtdoor (of zelfs terug) gaat. Het praktische belang zit hem niet in de vele dronkaards, maar in allerlei natuurkundige, technische en bedrijfskundige problemen, die hetzelfde wiskundige karakter hebben.

Ook het hoofdstuk 'Boole-algebra' heeft het karakter van een vlotte inleiding, ditmaal in de logica, de Boole-algebra en de verzamelingenleer. Dit stuk wiskunde is van belang voor het ontwerp van elektronische (en in het algemeen logische) schakelingen, zoals gebruikt in computers.

De vermoedende en oppervlakkige discussies over of machines kunnen denken worden vooraf gegaan door een uitleg over de Turingmachine.

In het volgende hoofdstuk pakt Gardner de cyclische getallen aan. Getallen met n cijfers, zoals 142857, heten cyclisch als de producten met $1, 2, \dots, n$ alle cyclische permutaties zijn van de oorspronkelijke cijfers ($6 \times 142857 = 857142$, $5 \times 142857 = 714285$ etc.). Op typisch Gardneriaanse wijze wordt de lezer tot eigen onderzoek van dergelijke merkwaardige getallen geprikkeld.

Het hoofdstuk over domino's behandelt overwegend de geschiedenis en eindigt met een intrigerend puzzelspel met dominostenen (leuk om te programmeren).

Evenals hoofdstuk 8 is hoofdstuk 10 een excursie in een sprookjesland van getallen, ditmaal de reeks van Fibonacci. Ook weer uitdagend tot eigen onderzoek. Het leuke is dat je met slechts de kennis van de elementaire rekenkunde ontdekkingen kan doen.

'De roterende ronde tafel en andere problemen' bestaat uit een aantal grotere en kleine puzzels, waaronder een eenmalig-schaak

schaak-probleem (dat is 'schaak' waarbij je verliest zodra je een schaak krijgt).

Het laatste hoofdstuk vertelt iets over de geschiedenis van de abacus, met tot slot enige abacus-rekentruks.

De vertaling is uitstekend, alleen zou ik op pagina 78 niet 'English' met 'Nederlands' vertaald hebben, een kwestie van smaak. Een zeer aanbevelenswaardig boekje met als enige schaduwzijde dat Gardner zoveel denkstof geeft, zodat je er niet met het lezen alleen vanaf bent. Kortom een bron van tijdrovende, verslavende problemen. Een ideaal geschenk voor puzzel-neven en nichten.

Prof. dr. J. Verhoeff
*Erasmus Universiteit
Rotterdam*

Bierboek

J. F. L. M. Cornelissen, Het Bierboek, Bura Boeken, Eindhoven, 1983, 183 pag.; ISBN 90 6404 0133. Prijs f 29,90.

Bier, vooral dan streekbier en 'speciale' bieren, geniet de laatste jaren een groeiende belangstelling. Talloze kleine Belgische brouwerijtjes brengen nieuwe biertypen op de markt of diepen oude recepten weer op. In Nederland ligt dat anders, omdat de biercultuur er begin deze eeuw verdween. Nederland is nu een oninteressant bierland, wiens enige verdienste is het produceren van enorme hoeveelheden totaal karakterloze eenheidspils.

Toch heeft de auteur gemeend zijn onderwerp in een eng-nationalistisch keurslijf te moeten dwingen. Een aanmatiging die in de Vlaamse boekhandel zeker zal afgestraft worden. Hoewel het een historisch boek is en Neder-

BOEKEN

land in de vorige eeuwen wel een biercultuur had, zou een blik (en een slok) bij de toch naast de deur liggende giganten België en Duitsland het boek zeker ten goede zijn gekomen. De inlassing van het nu ronduit belachelijke hoofdstuk 'biertypen, assortiment' was dan zeker heroverwogen geworden. In een ordinair Belgisch cafeetje vind je meer biertypen dan in de hele Nederlandse geschiedenis.

Het boek is het eerste in een reeks over Nederlandse industrie in het verleden. Het is een degelijk doorwrocht verhaal over hoe in het verleden gebrouwen werd, waarbij de lijn regelmatig doorgetrokken wordt naar het heden. Zij het met de reeds gesignaleerde enge blik. Het verhaal start in de grijze oudheid, bij het oerbier (niet te verwarren met de godendrank van dezelfde naam uit het Westvlaamse Eise), om uitgebreider stil te staan bij de brouwmethoden van de laatste paar eeuwen. Brouwmethoden die wij met weinig veranderingen maar meer begrip nog toepassen. De ingrediënten, de apparatuur en de hele procesgang worden diepgaand, maar voor de leek begrijpelijk, behandeld.

Is de tekst gedegen, de vormgeving is dat in de negatieve zin van het woord. Literatuurverwijzingen zijn prima in proefschriften en wetenschappelijke werken, maar storen in een tekst voor een groter publiek. De illustraties zijn zwartwit, vaak van lage kwaliteit en heel zakelijk gekozen om de inhoud zonder aandacht voor de vorm, zodat het geheel saai overkomt. Dat zoiets niet hoefde, bewijst het ongeveer tegelijk uitgekomen boek 'Bier', dat voor een lagere prijs (wel met Heinekensteun), meteen tot bladeren uitnodigt. Daar mist echter de tekst dan weer alle diepgang.

Een boek voor de bierliefhebber die een aantal bierboeken achter de rug heeft en nu eens wat minder oppervlakkig geïnformeerd

wil worden, of voor de liefhebber van industriële archeologie. Wie al niet wat enthousiasme voor het onderwerp heeft, zal het door dit boek echter niet krijgen.

lic. P. Van Dooren

Split Second

Stephen Dalton, Split Second, The World of High Speed Photography, J.M. Drenth & Sons Ltd, London - Melbourne - Toronto, 1983, 144 pag.; ISBN 0-460-04599-7. Prijs £ 10,95. Verkrijgbaar via Nilsson and Lamm, Weesp.

Wat zou de mens zijn zonder ogen? Wij mogen ons wel gelukkig prijzen met dit zintuig. Hoewel het op zich best een ingewikkeld en ingenieus instrument is, is het toch vrij gebrekkig. Bewegingen die meer dan tien maal per seconde een ander beeld geven, kunnen we niet meer afzonderlijk zien en geven dus een 'vloeiend' beeld. De film- en televisietechniek maakt hiervan gebruik.

Hierdoor geïntrigeerd begon William Henry Fox Talbot al in 1851 op zoek te gaan naar de geheimen die bewegingen hebben. Gehinderd door langzame filmemulsies en lichtzwakke lenzen, zocht hij zijn heil bij belichtingen met open lens en een soort primitief flitslicht met elektrische vonken. De doorbraak kwam door Edward James Muggerridge die liet zien dat een galopperend paard even met zijn vier benen los van de grond is.

De auteur geeft behalve een historische ontwikkeling ook een kort overzicht van de vroegere en huidige technieken die het nu mogelijk maken om met hoge-snelheid filmcamera's zo'n 600 miljoen

opnames per seconde te maken. Ook behandelt hij stroboscooplicht, het principe waarmee vele van de gepubliceerde foto's zijn gemaakt.

Het boek heeft vijf hoofdstukken: botsingen (voornamelijk kogels die op voorwerpen inslaan), vloeistoffen, sport, de levende wereld om ons heen, geavanceerde technologie. Hierin heeft Dalton een groot aantal foto's verzameld (gemaakt door hemzelf of collega's) die het menselijk oog laten zien wat het mist. Daarbij zitten een paar zeer spectaculaire foto's, zoals een kapotvallende gloeilamp, een druppel op een zeepbel, een vlieg die geëlectrocuteerd wordt en een serie die laat zien hoe een kat altijd op zijn vier poten terecht komt. De meeste foto's zijn voorzien van een korte uitleg over hoe de foto tot stand is gekomen.

Toch zijn de laatste twee hoofdstukken minder, misschien omdat de daarin getoonde foto's al vaker zijn gepubliceerd in diverse tijdschriften of omdat de auteur niet de goede ingangen heeft gehad tot het werk van anderen. Vooral blijkt dit uit het laatste hoofdstuk; de daar getoonde foto's zijn beslist niet de beste die er bestaan. Dalton heeft deze kans laten liggen, ondanks dat hij ook het werk van anderen een plaats geeft in zijn boek.

'Split Second' heeft 167 illustraties (99 in kleur). Het is opgezet als fotoboek en je hebt het daarom uit voordat je er erg in hebt, ondanks het feit dat het in (gemakkelijk leesbaar) Engels geschreven is.

J.A.B. Verduijn

Wereld in beeld

Naar aanleiding van het tienjarig bestaan werd door het Leopold III-Fonds voor Natuuronderzoek en Natuurbehoud een fototentoonstelling opgezet. Deze wordt nu ook tentoongesteld in het Museum van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen te Brussel. De zowat 174 voorgestelde foto's, waarvan de meeste in kleur, werden verwezenlijkt tijdens de verscheidene, door het Fonds georganiseerde, ontdekkingsreizen, vooral in Papoea-Nieuw-Guinea en het Amazonebekken. Een diamontage, waarvan een gedeelte vooral de zeefauna en -flora in het licht stelt, completeert de tentoonstelling. Het Leopold III-Fonds voor Natuuronderzoek en Natuurbehoud werd in 1972 gesticht door Koning Leopold III, die er gedurende vele jaren de voorzitter van was. Het Fonds

was, dank zij de steun van Belgische en buitenlandse weldoeners, in staat zich ter plaatse aan gespecialiseerde studies te wijden, onder meer in Aziatische en Afrikaanse landen, in Oceanië en in Amerika. De wetenschappelijke resultaten van die opdrachten worden regelmatig gepubliceerd. Meerdere onderzoekers van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen namen reeds deel aan expedities, die gesteund werden door het Leopold III-Fonds. Ter aanvulling van de fototentoonstelling stellen zij een aantal specimina ten toon, die werden verzameld tijdens deze exploratietochten.

Het Museum (tevens eigenaar van een unieke, wereldbekende collectie Iguanodons) is te vinden in de Vautierstraat 29, 1040 Brussel. Alle dagen van 9.30-12.30 en van 13.30-17.00. ☎ 02-6480475.

Evolutie

Tot 2 juli 1984 is de tentoonstelling 'Evolutie' in het Natuurmuseum Nijmegen te zien. Er wordt een overzicht gegeven van de evolutie in het algemeen, vanaf het ontstaan van de aarde tot heden, waarbij speciale aandacht geschonken wordt aan de evolutie van de mens en die van enkele diergroepen, zoals het paard. Deze tentoonstelling werd tot stand gebracht in samenwerking met de Stichting Interstudie, de lerarenopleiding in Nijmegen.

Het museum is gevestigd in de Gerard Noodtstraat 21 te Nijmegen. Openingstijden: maandag-vrijdag: 10.30-17.00; zondag 13.00-17.00. ☎ 080-230749.

Onder stoom

Op 22, 23 en 24 juni zal de binnenstad van Medemblik daveren van het stoomgeweld. Dan vindt immers het stoomfestival '84 plaats. De Westfriese stoomtram zal rijden, in de haven zullen stoomschepen liggen, vier stoomwalsen zullen over de wegen denderen, een pas ontdekte Londenese stoomcarroussel zal draaien. Alles bij elkaar zullen er een 35 à 40 stoommachines te zien zijn, terwijl voor het eerst het Nederlands Stoommachine Museum de deuren – nog slechts gedeeltelijk – zal openen. Op 22 juni zal ook de KRO-radio en TV aandacht aan dit spektakel geven. ☎ 02274-3076

Licht in kunst

De tentoonstelling 'Lichteffecten in schilderkunst en sculptuur' is tot en met 18 augustus in het TTC te Delft te zien. Hij bestaat uit kleurenreproducties van schilderijen en verder zeefdrukken, litho's, etsen en drie-dimensionale objecten, waarin kunstlicht een belangrijke, vaak centrale rol speelt. De getoonde kunstwerken vormen een deel van een aanzienlijk grotere collectie, die door de heer Johan Jansen, jarenlang redacteur van het tijdschrift *International Lighting Review*, bijeen is gebracht.

Er is o.a. werk te zien van George de la Tour, Honthorst, Van Gogh, Paul Delvaux, René Magritte, Henneman en Verberk.

De geëxposeerde collectie werkt als een spiegel van het maatschappelijk leven en in die maatschappij-geschiedenis blijkt het kunstlicht een component van vormende betekenis te zijn. Bovendien illustreert de collectie heel duidelijk dat kunst en techniek niet zo ver van elkaar liggen. Door via kunstzinnige interpretatie van schilders en beeldhouwers begrip te vragen voor een technische toepassing als lamplicht en anderzijds, door met een technisch thema voorbeelden uit oude en moderne kunst onder de aandacht te brengen, blijkt het mogelijk de verbinding tussen kunst en techniek te verduidelijken.

Het Technische Tentoonstellingscentrum, Kanaalweg 4, 2628 EB Delft is dagelijks geopend van 10-17 uur en op zondag van 13-17 uur. Het is gesloten op erkende feestdagen. De toegang is gratis. Bij groepsbezoek aan de tentoonstellingen in het TTC wordt verzocht vóóraf met het TTC contact op te nemen. Voor begeleiding kan desgewenst zorg worden gedragen. ☎ 015-783038.

Dr. P.H. Nienhuis ('Zeegras') werd op 29 oktober 1938 in Groningen geboren. Na zijn biologiëstudie van 1958 tot 1965 aan de VU Amsterdam, ging hij werken op het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke, eerst als bioloog, daarna als werkgroepsleider. Hij promoveerde in 1975 te Amsterdam.

Ir. H.M. Brand ('Kleurstoffen') werd op 30 april 1953 te Gouda geboren. Hij studeerde van 1971 tot 1980 chemische technologie aan de TH Delft, waar hij nu wetenschappelijk medewerker is.

Ir. Th. Mooy ('Kleurstoffen') werd geboren te Alphen a/d Rijn op 23 december 1956. Hij studeerde van 1975 tot 1982 chemische technologie aan de TH Delft, waar hij nu wetenschappelijk assistent is. Evenals Brand is hij afkomstig uit de school van prof. Heertjes en prof. Van Beek, waarvan de laatste verantwoordelijk is voor de recente ontwikkeling van de produkttechnologie van de Technische Hogeschool Delft.

Lic. Elizabeth Caplun ('Lood in benzine') is afgestudeerd in de journalistiek en communicatie-wetenschappen aan de Vrije Universiteit Brussel en is voorts in het bezit van het internationale diploma 'menselijke ecologie'. Haar belangstelling gaat uit naar de sociaal-politieke aspecten van het milieu.

Dr. Daniel Petit ('Lood in benzine') promoveerde tot doctor in de chemie aan de Vrije Universiteit Brussel. Van 1972 tot 1980 was hij als onderzoeker verbonden aan de afdeling Nucleaire Geologie en Geochemie van deze universiteit. Thans is hij wetenschappelijk medewerker aan het laboratorium voor analytische scheikunde van de Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix in Namen.

Prof.dr. Edgar Picciotto ('Lood in benzine') is hoogleraar aan de Vrije Universiteit Brussel. Hij leidt er de afdeling Nucleaire Geologie en Geochemie.

Jhr. dr. J.A. van der Does ('De bloedbank in een stroomversnelling') werd op 2 december 1942 te Arnhem geboren. Hij studeerde van 1961 tot 1969 geneeskunde te Leiden, waar hij in 1974 promoveerde. Van 1969 tot 1974 was hij werkzaam op de Bloedbank van het AZ Leiden, van 1974 tot 1978 volgde hij een opleiding tot internist, in 1978 en 1979 was hij internist te Amsterdam. Vanaf 1979 is hij internist in ziekenhuis Leyenburg Den Haag en directeur van de Stichting Rode Kruis Bloedbank 's-Gravenhage en Omstreken.

Het begin

Umberto Eco doet in Italië zo ongeveer wat Hugo Brandt Corstius in het Nederlandse taalgebied presteert. Hij is taalkundige (ongeveer wat hier semanticus wordt genoemd) en in zijn specialisme heeft hij een redelijke naam. Hij is bovendien columnist voor een dagblad en dat heeft hem een veel bredere populariteit bezorgd. Maar sinds vrij kort heeft hij een soort wereldnaam gekregen met de publikatie van een lijvige roman (mijn pocketuitgave heeft 625 pagina's), die het vreemd genoeg in vele landen tot de bestsellerslijst heeft gebracht: De Naam van de Roos.

Vreemd genoeg, want het is bepaald geen simpel boekje. De taal is doorspekt met archaische uitdrukkingen die een middeleeuwse indruk (moeten?) wekken en bovendien bevat het boek soms halve pagina's (kerk)latijn, of, wat misschien voor de niet in die richting geschoolde lezer nog hinderlijker is, halve latijnse zinnen. Eén van de personen in het boek spreekt een wonderlijk mengsel van Italiaans, Frans, Latijn en Spaans.

Wie het hele boek wil lezen moet er niet tegenop zien nu en dan een pagina of wat theologische discussie door te ploegen (uiteraard voor een flink deel in het Latijn, met verwijzingen naar tientallen inmiddels vergeten auteurs). Het boek is bovendien een detective, waarin met namen en stijlfiguren geregeld wordt verwezen naar de Sherlock Holmes-boeken van Arthur Conan Doyle (eind vorige, begin deze eeuw) en om de ontknoping goed te begrijpen zal men zich door de rijstebrij van theologische vertogen heen moeten worstelen.

Het is nog veel meer. Het is toch ook vooral systematische en (ik heb dat op een paar punten kunnen controleren) grondig gedocumenteerde geschiedschrijving. En dat maakt het voor dit blad interessant: het boek beschrijft ook nog eens een keer de omstandigheden waarin zo ongeveer de eerste aanzet tot de moderne wetenschap is ontstaan. Onze detective is een aanhanger van filosofen als Ockam en Bacon en hij past hun methoden toe bij het oplossen van een aantal moorden in een abdij

die kan gelden als centrum van de middeleeuwse wetenschap. Het boek wordt daarmee ook een beschrijving van de strijd tussen twee wetenschapsopvattingen. Het is nooit aardig de afloop van een detective te vertellen, maar voor dit verhaal kunnen we al wel kwijt, dat Eco's twintigste eeuwse opvattingen ertoe leidden dat de oude wetenschap weliswaar verliest, maar de nieuwe niet wint.

Het typerende van de oude opvatting van kennis, in feite van de hele wereld, is dat wat er te weten valt al is opgeschreven; het is de taak van de wetenschap te blijven begrijpen wat er is opgeschreven. De wetenschap bestaat dan uit pogen te begrijpen wat anderen hebben bedoeld toen ze poogden te begrijpen wat (...) er in de bijbel staat. Nieuwe boeken hadden niet de bedoeling de menselijke kennis te vergroten of nieuwe kennis uit te dragen, maar de oude kennis te bevestigen. De beoordeling van die kennis geschiedde op morele gronden. Was zulke kennis (zo'n interpretatie) eenmaal aanvaard, dan had ze daarmee ook eenzelfde gewicht gekregen als een bijbeltekst.

Maar die vastheid, die onveranderlijkheid, die bijv. ook tot uiting kwam in een cyclisch tijdsbeeld waarin de ene dag was en moest zijn als de andere, het ene jaar als het andere, die stabiliteit had geen maatschappelijke basis meer. Het middeleeuwse feodalisme vertoonde scheuren en gaten. Her en der was in de eeuw voorafgaande aan de in het boek beschreven periode de staatsmacht reëel geworden en de koning of keizer had daadwerkelijk macht gekregen, niet als stadhouder voor het goddelijke (= pauselijke) gezag, maar als heerser over een gebied. Daarmee gepaard en daarmee verbonden was een begin van de opkomst van de steden, dat wil zeggen van een markt waarop in steeds toenemende mate de ruilhandel als marginale aanvulling op de zelfvoorziening werd vervangen door het toekennen van in objectieve getallen (geld) gemeten waarde.

Er kwamen vluchtmogelijkheden voor horigen en lijfeigenen ("stadslucht maakt vrij") en begrippen die tot dan toe niet hadden bestaan begonnen tot ontwikkeling te komen: individu

en vrijheid bijv. Dergelijke begrippen sloten meer aan bij Griekse filosofen dan bij de middeleeuwse hermeneutici, en Thomas van Aquino had, met zijn briljante poging Aristoteles en de bijbel te verenigen, in feite de weg geopend naar andere interpretaties van de bijbel, tot de mogelijkheid van verschillende interpretaties, tot het denkbeeld van een persoonlijke verantwoordelijkheid – een denkbeeld dat in de volgende eeuwen met name in allerlei ketterse bewegingen vorm kreeg en dat ten slotte uitmondde in het humanisme en het verlichtingsdenken dat op dit ogenblik nog de normen en waarden in onze samenleving beheerst.

In het boek zien we hoe er voorzichtig met logica wordt gewerkt, hoe oorzaak en gevolg met elkaar worden verbonden – maar op de achtergrond is er nog steeds de angst voor een natuurwetenschappelijke benadering zoals die in beginsel bij Arabische alchimisten al aanwezig was.

Die alchimisten onderzochten de natuur vanuit een bepaalde theorie, maar die theorie stond tamelijk los van religie. De christelijke onderzoekers stonden op een grens. Enerzijds was hun onderzoek toch in belangrijke mate gericht op bijbelverklaring, met als vraag ongeveer: 'Hoe moet ik de bijbel interpreteren als ik die en die waarnemingen doe?' Anderzijds hadden ze als uitgangspunt, dat de waarnemingen richtinggevend moesten zijn, dat de moraal ondergeschikt diende te zijn aan de feiten en niet omgekeerd.

Een van de vele belangrijke thema's in het boek is dan ook of er kennis op morele gronden verborgen moet en mag worden gehouden. William of Baskerville vindt, zonder twijfel namens zijn twintigste eeuwse schepper, van niet. Het grote probleem is: wat zijn de feiten? We kennen alleen interpretaties van waargenomen zaken, van tekens, maar dat zijn onze interpretaties en in dat opzicht gaat in het boek de moderne wetenschap potsierlijk onderuit.

A. de Kool

Lood

Dat lood giftig is, is sinds mensenheugenis bekend. Langer nog. Het winnen van lood werd al in vroeger eeuwen overgelaten aan tuchthuisboeven en een enkele desperado. In zetterijen werd, toen daar nog met het loodproces werd gewerkt, bij middel van ventilatievoorschriften en extra voeding rekening gehouden met de gevaren van lood. Berucht is ook de sigarenindustrie, waarin de tabak op een loden ondergrond werd gesneden; sigarenmakers werden niet oud.

Maar suiker en keukenzout zijn, mits in voldoende mate geconsumeerd, ook giftig; het is dan ook niet vanzelfsprekend dat een zekere concentratie van loodverbindingen in het milieu beslist schadelijk zou zijn. Zeker, er zijn gevallen van dieren die langs autowegen grazen en daarbij loodvergiftiging oplopen, maar de crisis is nog niet zover voortgeschreden, dat er veel mensen langs autowegen grazen; het gevaar voor mensen kan daaruit niet worden afgeleid.

Zoals uit het artikel op pagina 454 e.v. blijkt, zijn er geen eenduidige gegevens over de gevaren van de loodconcentraties zoals die in moderne landen voorkomen, noch over de precieze herkomst van dat lood. Een deel, vermoedelijk tussen een kwart en de helft, zal afkomstig zijn van auto's, die voor een groot deel benzine gebruiken waaraan een loodverbinding als anti-klop middel is toegevoegd. Vermindering van het loodgehalte van benzine kan dan ook de loodconcentratie in het milieu gunstig beïnvloeden. Een in deze discussie bijkomend, maar misschien voor het milieu wel belangrijker aspect hiervan is, dat het dan mogelijk wordt auto's uit te rusten met katalytische naverbranders, waarmee een aantal stoffen uit het milieu wordt geweerd waarvan in elk geval wel duidelijk is dat ze op vele manieren in thans voorkomende concentraties gevaarlijk zijn.

Er zijn goede andere middelen die de klopvastheid van benzine kunnen verhogen; volgens een voor de Europese commissie verricht onderzoek zijn die stoffen in voldoende mate in Europa te produceren. Ze zijn, bij een gegeven klopvastheid, wel duurder dan de nu gebruikelijke loodverbindingen. Voor de consument behoeft dat niet zo erg te zijn: we spreken over een fractie van de produktiekosten van benzine, die op zich maar een heel klein deel vormen van de prijs die de consument aan de pomp betaalt. Zeker wanneer de overheid de accijnzen als een vast bedrag en niet als percentage in rekening brengt, zal de invloed op de kostprijs veel kleiner zijn dan de verschillen die men thans tussen verschillende pompstations vindt.

Voor de benzineproducenten ligt dat anders. Een groot deel van de produktiekosten ligt vast, bijv. als kapitaalkosten. Verdubbeling van een deel van de kosten kan een aanzienlijke inbreuk zijn op de winstmarge en daarmee op de concurrentiepositie in de zeer internationaal werkende bedrijfstak. Het is daarom begrijpelijk dat een nationale regering zich wel tien keer zal bedenken voordat ze het gebruik van lood-additieven verbiedt of ernstig beperkt, zeker nu lood wel een slechte naam heeft, maar er nog bepaald niet spijkerhard is bewezen dat de gangbare en zelfs de extreme concentraties gevaarlijk zijn.

Daar staat tegenover dat eenmaal in het milieu aanwezig lood ook niet gemakkelijk verdwijnt. Alleen al de waarschijnlijkheid van gevaar noopt tot voorzichtigheid. En wanneer er maatregelen worden genomen die vrijwel de gehele Europese markt betreffen kan concurrentie ook geen rol spelen.

P.H. Nienhuis

*Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek
Yerseke*



ZEEGRAS

Mysterieuze opkomst en ondergang van een waterplant



Het komen en gaan van waterplanten is een probleem met internationale dimensies. Plotselinge explosies kunnen zorgen voor uiterst hinderlijke overwoekeringen van bijvoorbeeld vaarwegen. Het plots verdwijnen kan fataal zijn voor een ecosysteem of een met de plant verbonden industrie. De precieze oorzaken zijn vaak onbekend. Toch weten we wel iets. Zo kunnen waterplanten sterk toenemen als de getijbeweging wegvalt. Als het water te voedselrijk wordt zullen ze uiteindelijk verdwijnen. Het zeegras is een spectaculair voorbeeld van opkomst en neergang. In de jaren dertig verdween het plots uit het Waddengebied: het einde van een hele industrie. Na de afsluiting van het Grevelingenmeer in 1971 kwam het er explosief op. In 1980 nam het onverwacht weer heel sterk af. Dit artikel peilt naar de achtergronden.

Handel in zeegras

Toen er in 1570 overal jammerklachten klonken in de lage landen bij de zee vanwege de Allerheiligenvloed, werd op het nu in het vasteland opgenomen eiland Wieringen de "bijzondere weldadigheid van Gods barmhartigheid geloofd", want de wierooft was groter dan ooit. Dit 'wier', groot zee gras (*Zostera marina*), groeide welig bij het Waddeneiland en het was voor allerlei doeleinden bruikbaar. Met het wier werden de dijken onderhouden, matrassen en canapés gevuld, plafonds geïsoleerd en naar men zegt zelfs reumatische pijnen bestreden. Er bestond in het begin van onze eeuw een goede markt voor het gedroogde zee gras. De legendarische Titanic had een grote partij Texels zee gras aan boord, bestemd voor Amerika. In de Eerste Wereldoorlog werd er nogal wat wier naar Duitsland geëxporteerd voor de soldatenmatrassen en voor de loopgraven. Allerlei namen herinneren in het Waddengebied nog aan de wierooft, zoals wierschuur en wierdijk. De naam van het eiland Wieringen schijnt overigens te komen van de stam 'wir' (heuvel).

Het beste zee gras dat in de handel kwam was het vers gemaaid materiaal dat gedurende de zomer werd geoogst. De wiermaaiers stonden tot aan hun borst in het water en hanteerden de zeis. Het afgemaaid gras werd met netten bij elkaar gedreven en in boten gestouwd.





Tot begin jaren dertig was zeegras de basis van een hele industrie. Hierboven poseren de wiermaaiers met hun zeisen met verlengd blad. Het gras werd na de oogst op het veld uitgespreid om te drogen. Het droge gras werd dan om te ontzouten in sloten gestopt, waar het overwinterde. Nadien werd het verkocht als matrasvulling, isolatiemateriaal, enz.

Het werd aan land gebracht en daar uitgespreid om in de zon te drogen. De kleur van het gewas veranderde dan van groen naar donkerbruin. Het dode zeegras stopte men in het najaar in zoetwatersloten, daar overwinterde het en in het voorjaar werd het ontzoute spul weer op de wal gehaald. Het zeegras was dan bijna zwart geworden. Men zegt wel: hoe zwarter hoe hoger de prijs. Weer volgde een droogproces, vervolgens werd het naar pakhuizen gebracht waar het tot balen geperst werd. De Nederlandse Zeegrasindustrie omvatte in het begin van deze eeuw een aanzienlijk aantal bedrijven waarin minstens 500 gezinnen een middel van bestaan vonden.

De zeegrasziekte

Het voorgaande moet volledig in de verleden tijd worden gesteld. In de jaren 1931-1933 zijn de vele duizenden hectares zeegras in de Zuiderzee en zuidelijke Waddenzee verdwenen en later nooit meer teruggekomen. De teruggang van het wier viel samen met het gereedkomen van de Afsluitdijk in 1932. Het is daardoor nooit precies duidelijk geworden waardoor de wierwaarden zijn verdwenen. Het was trouwens niet alleen het Nederlandse Waddengebied dat getroffen werd door het plotselinge wegvallen van de zeegrasvelden; langs de gehele Westeuropese kust, ook de Belgische bijv., traden de zelfde verschijnselen op.

Van officiële zijde wordt het verdwijnen op zo'n grote schaal wel toegeschreven aan een geheimzinnige schimmelziekte die in het Noordatlantische gebied zou hebben huisgehouden. De oorzaak van de eventuele ziekte is nooit achterhaald. Dat is ook moeilijk te doen. Op het moment dat men het afstervende zeegras ontdekt is het eigenlijk al te laat. Natuurlijk kunnen er uit het rottende zeegras allerlei organismen worden geïsoleerd, maar of dat de verwekkers van de 'ziekte' zijn?

De Nederlandse bioloog A. van der Werff kreeg in 1932 van de directie van de Nederlandsche Zeegrasindustrie het verzoek om een onderzoek in te stellen naar het verdwijnen van het wier rond Wieringen. De resultaten van het onderzoek moesten binnen enkele weken binnen zijn, en de financiële vergoeding kon maar zeer beperkt blijven. Het was immers crisistijd. Van der Werff toog aan het werk en hij vond in het afstervende zeegras een



tot dan toe slechts oppervlakkig beschreven microorganisme, een vormloos eencellig dierkje met de naam *Labyrinthula*. Overal in en tussen de cellen van de bruine zeegrasfragmenten kwam dit organisme voor. Van der Werff is een zorgvuldig wetenschapper: hij zegt nergens rechtstreeks dat *Labyrinthula* de oorzaak van de ziekte is, maar door zijn taalgebruik (de plant is "ziek", de bladeren zijn "aangetast") suggereert hij wel een verband tussen het zielzogende zeegras en de eencellige parasiet. In de latere literatuur, waarin nuances nog al eens plegen te verdwijnen, wordt *Labyrinthula* door anderen geschaard bij de veroorzakers van de zeegrassiekte.

We maken een sprong naar 1980. In het Grevelingenmeer floreerde in de daaraan voorafgaande jaren 4000 ha zeegras, maar in de zomer van 1980 viel de populatie terug tot 60% van dat niveau. Is die teruggang misschien veroorzaakt door de zeegrassiekte uit de jaren 30? Ik nodigde Van der Werff uit om een kort onderzoek in te stellen naar het afstervende zeegras. Wie immers kan beter de situatie uit de jaren dertig vergelijken met de terugval in het Grevelingenmeer? Van der Werff vond in de zeegrascellen talloze *Labyrinthula*-achtige microorganismen. Hij constateerde dat het gras "ziek" was en dat het werd "aangevalen" door parasitaire organismen. Ook in andere zeegraspopulaties uit Zuidwest-Neder-

land, bijvoorbeeld uit de Oosterschelde, werden gelijksoortige aantastingen gevonden in het afstervend weefsel. Inmiddels is de Grevelingenpopulatie anno 1983 weer terug op zijn oude niveau en is ook in de Oosterschelde geen spoor van een eventuele ziekte meer te zien.

Boven: Bij de kentering van het tij wordt met man en macht gewerkt om het laatste gat in de Afsluitdijk te dichtten. In hoeverre die Afsluitdijk met het verdwijnen van het zeegras in de Zuiderzee te maken heeft, is niet meer na te gaan.

Rechts: Zeegras groeit onder water, hoofdzakelijk tot 3m diepte. Hier een nabij-opname van een paar zeegrasplanten. De oudste delen zijn begroeid met het manteldier *Botryllus schlosseri*.

Geheel rechts: Voor onderzoek worden regelmatig planten uitgestoken. Hier zien we een paar volgroeide planten van groot zeegras, met wortelstokken. De lengte van de bak waarin het zeegras ligt is 40 cm.



Vraagtekens

Het is mogelijk dat de Noordatlantische zee-grasgemeenschap in 1931-1933 is uitgeroeid door een sterk om zich heen grijpende infectie. Dat kan moeilijk achteraf nog worden bewezen. De waarnemingen van Van der Werff in het Grevelingenmeer suggereren echter duidelijk dat de sterke afname van de zee-gras-begroeiing in 1980 niet is veroorzaakt door *La-byrinthula*. De aanwezigheid van de plasmodia in de cellen is waarschijnlijk een gevolg van allerlei natuurlijke afbraakprocessen, evenals dat in het begin van de jaren 30 vermoedelijk het geval is geweest. In de literatuur wordt het microörganisme wel als de oorzaak van de zo ingrijpende zee-grasziekte van 50 jaar geleden aangewezen. Maar we zouden hier wel eens te maken kunnen hebben met een klassiek voorbeeld van verwisseling van oorzaak en gevolg, zoals wel vaker gebeurt.

Hoewel het zee-gras zich na de jaren dertig op vele plaatsen langs de Europese kust hersteld heeft, is het in de Waddenzee vrij zeldzaam gebleven. Merkwaardig is dat er in Zeeland in de estuaria in het verleden nooit sprake is geweest van overvloedige zee-grasgroei. Zee-

gras kwam plaatselijk wel voor, maar over het exploiteren van de kleine wierevelden heeft men kennelijk nooit gedacht. De effecten van de zee-grasziekte van 1932, zo ze al merkbaar zijn geweest in Zeeland, zijn in ieder geval niet gedocumenteerd. Iets verderop was dat wel het geval. Langs de Belgische kust hebben vóór de jaren dertig wel uitgebreide zee-grasbedden gelegen, die net als in de Waddenzee geëxploiteerd zijn. En dat terwijl de open zeekust minder geschikt is voor *Zostera marina* dan een beschut estuarium.

Groei, bloei en neergang

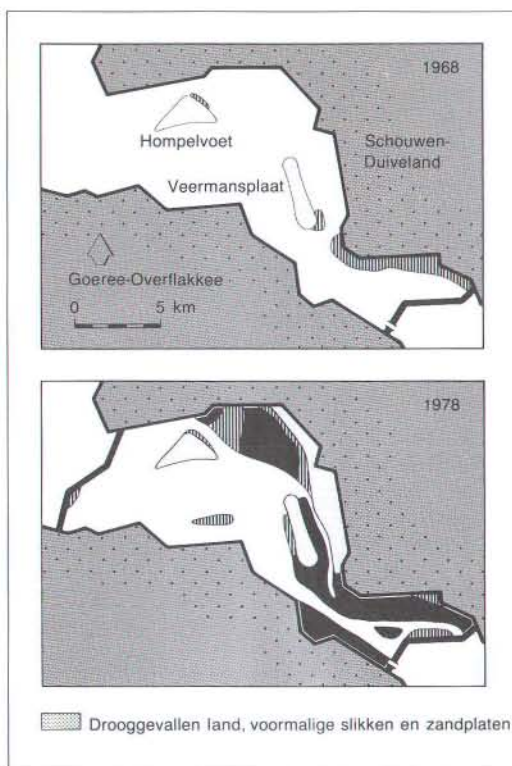
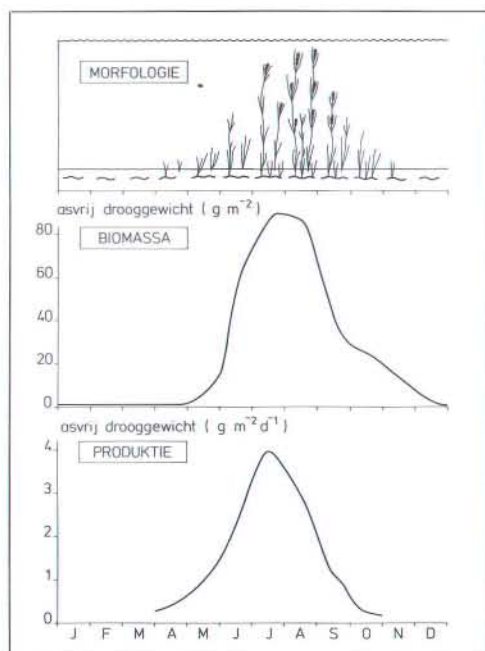
Voor zee-gras moet men nu wél in het Delta-gebied zijn. Het lijkt wel alsof de duizenden hectares *Zostera marina* in de Zuiderzee uit het begin van deze eeuw zich hebben verplaatst naar Zuidwest-Nederland, en wel met name naar het Grevelingenmeer (zie intermezzo). Lokaal kwam het gras in de Deltawateren tot aan 1971 hier en daar voor, maar alleen op de meest rustige plekken. Zee-gras wortelt in de zandbodem en als golfslag en stroming te sterk worden kan de soort zich niet handhaven. Na de afsluiting van de Grevelingen is het zee-gras



daar aan een stormachtige opmars begonnen. In het meer staat nu jaarlijks gemiddeld circa 3500 ha zeegras, verreweg de grootste populatie langs de zuidelijke Noordzee.

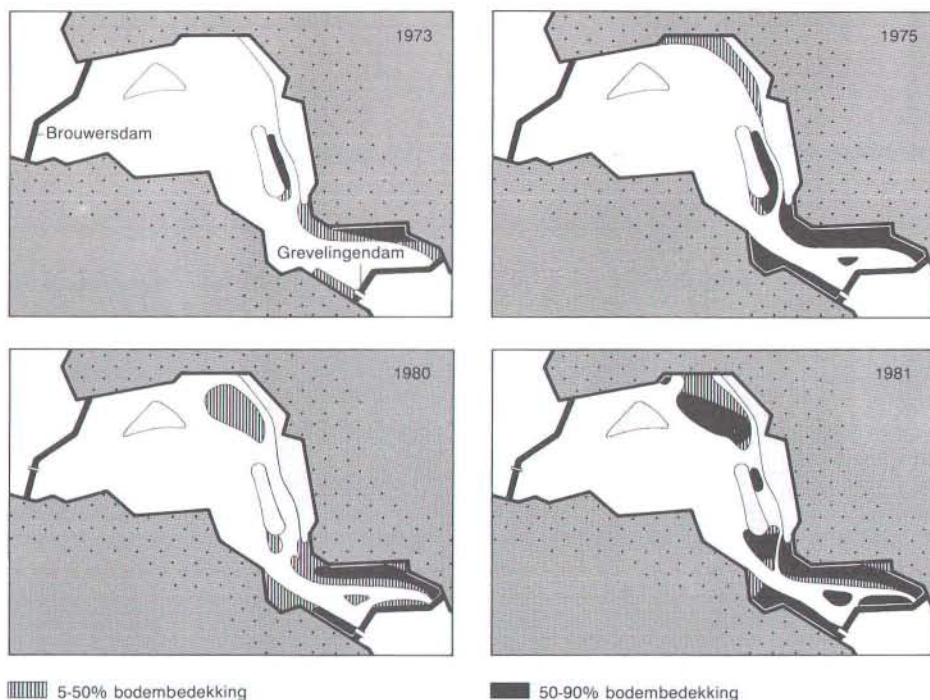
De seizoensdynamiek van het zeegras in het Grevelingenmeer is goed bekend (zie fig. 1). 's Winters is er vrijwel geen bovengronds materiaal. Wel zijn er overwinterende wortelstokken. In april-mei begint de ontwikkeling van de planten. Een deel van de populatie ontspruit uit de wortelstokken, een ander deel ontkiemt uit zaad. Na een snelle vegetatieve groei in juni vindt er in de zomermaanden bloei en zaadzettings plaats. In september-oktober zakt de populatie in elkaar. De dan nog resterende planten breken af en laten los. Soms vindt er in het najaar een kleine opleving plaats, doordat vegetatieve scheuten uit de wortelstokken ontspruiten, waardoor een kleine vertraging optreedt in de afname van de biomassa van het zeegras.

Onder: Fig. 1. De seizoensdynamiek van *Zostera marina* in het Grevelingenmeer. De gegevens hebben betrekking op 1976 en zijn verzameld in een permanent proefvak van $10 \times 10 \text{ m}^2$ op circa 1 m waterdiepte.



In ondiep water (0-1 m diep) groeien de planten tot aan het wateroppervlak. In dieper water (1-3 m) bereiken ze een lengte van meer dan 1 m. Beneden 3 m waterdiepte neemt de gemiddelde lengte van de planten sterk af. Het zeegras komt voor tot circa 5 m waterdiepte, maar beneden 3 m mag men zeggen dat de biomassa vrijwel nihil is.

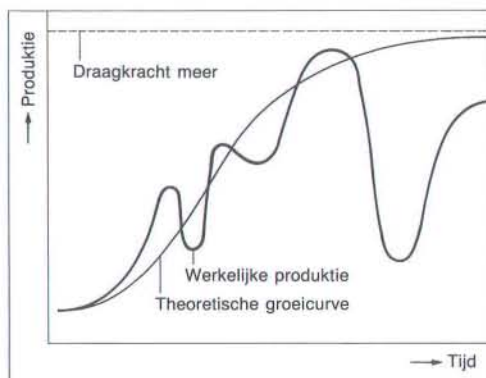
Gedurende de wintermaanden is de bovengrondse biomassa praktisch nul. Het maximum wordt bereikt in juli-augustus. De curve van de produktie van organisch materiaal vertoont het volgende beeld: een snel toenemende produktie tot half juli en daarna een geleidelijke afname met soms een geringe nagroei in september-oktober. Figuur 1 heeft betrekking op 1976, maar de geschetste ontwikkeling is, met kleine wijzigingen, een jaarlijks weerkerend beeld. In een wiskundig simulatie-model blijkt deze gang van zaken redelijk voorspelbaar. Deze wordt ondermeer gestuurd door factoren als lichtinstraling, watertemperatuur en wind.



Kolonisatie

De kolonisatie van het Grevelingenmeer door het zeegras in de periode 1971-1981 is een geheel ander verhaal. De toename in de loop der jaren van de produktie van organisch materiaal per vierkante meter Grevelingenbodem wordt in figuur 2 modelmatig weergegeven. De theoretische S-vormige groeikromme nadert een niveau, de draagkracht van het meer, waarop alle potentiële groeiplaatsen (habitats) voor zeegras 'bezet' zijn. De werkelijkheid – beginnend in 1971 – volgt in grote lijnen de theoretische kromme: een langzame start van de produktie op jaarbasis gevolgd door een snelle (schommelende) toename van de groeisnelheid. In 1980 echter wijkt de produktiekromme af van de theoretische lijn en vertoont een diepe deuk. In 1981 neemt de produktie weer sterk toe.

In figuur 3 wordt de kolonisatie van het Grevelingenbekken in de loop der jaren geschetst, vanuit een populatie in het oosten.



Boven: Fig. 2. De produktie van bovengronds zeegras-materiaal per vierkante meter Grevelingenbodem gedurende de periode 1971-1982. Aangegeven zijn de theoretische S-vormige groeikromme, de sterk geschematiseerde realiteit van de produktie en de draagkracht van het Grevelingenbekken. Opvallend is het abnormale dieptepunt in 1980.

Geheel boven: Fig. 3. De kolonisatie van het Grevelingenmeer door zeegras in de loop der jaren. De bedekkingen zijn geschat in loodrechte projectie op de bodem.

Het Grevelingenmeer

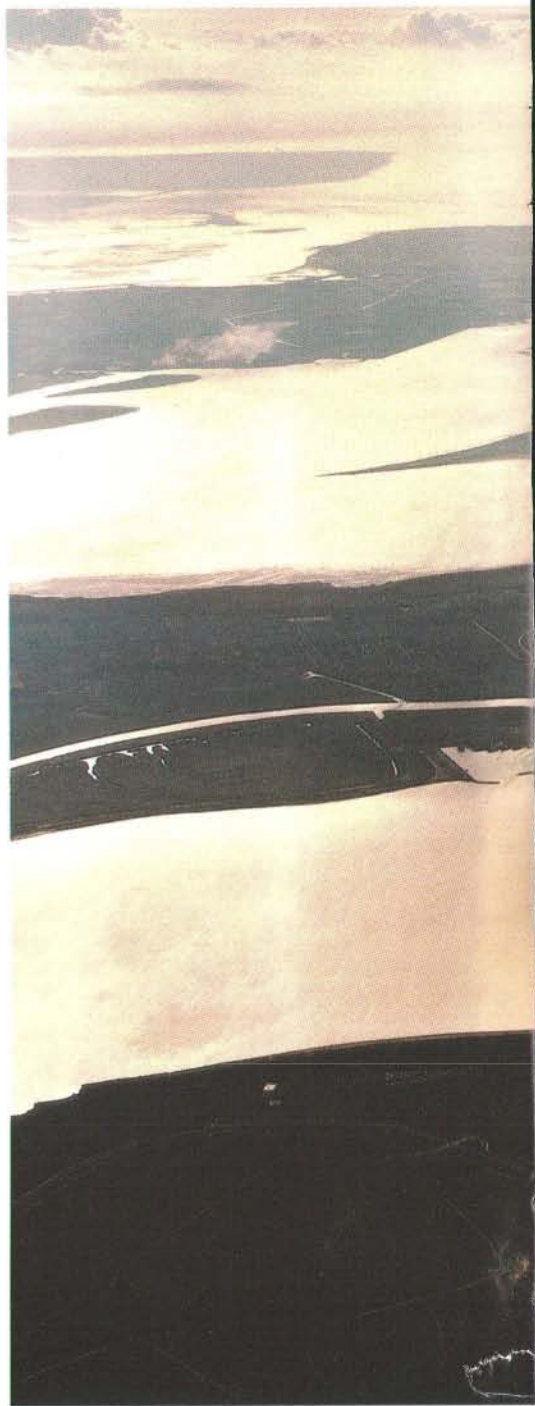
Het Grevelingenmeer ligt in zuidwestelijk Nederland, tussen Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland. Vroeger was het een estuarium; dit werd in 1964 in het kader van de Deltawerken aan de landkant afgesloten door de Grevelingendam. In 1971 werd de Brouwersdam aan de zeezijde gesloten. Het getij viel toen weg en het Grevelingenmeer ontstond. Het is het grootste zoutwatermeer van Nederland (wateroppervlakte 108 km²) en één van de weinige in de wereld. Het water is zeer helder (gemiddelde diepte waarover een zogenaamde Secchischijf nog zichtbaar is, is 4 m). Het meer bevat stilstaand zout water. Het begrip stilstaand moet niet al te letterlijk worden opgevat; op een zo omvangrijk bekken heeft de wind veel invloed en stroomsnelheden van circa 0,5 m·s⁻¹ komen voor.

Gedurende de periode 1971-1979 was het Grevelingenmeer een vrijwel volledig gesloten systeem; er was praktisch geen contact met de omringende wateren. Het zoutgehalte van het water daalde onder invloed van regenwater en uitslag van polderwater sterk. Het chloridegehalte was 17 g·l⁻¹ in 1971 en 12 g·l⁻¹ in 1978: het meer werd brak. Ook andere milieufactoren vertoonden drastische veranderingen: het nitraatgehalte liep bijvoorbeeld, met name in de zomer, vrijwel terug naar nul, het fosfaatgehalte nam daarentegen jaarlijks toe.

Eind 1978 werd er een sluis in gebruik genomen in de Brouwersdam tussen de Noordzee en het meer. Het milieu veranderde daardoor nogmaals. Sindsdien is de verblijftijd van het water, die voordien enkele jaren was, teruggelopen tot enkele maanden. Het huidige Grevelingenmeer is weer zout (chloridegehalte 16 g·l⁻¹) en heeft een uitstekende waterkwaliteit.



Een beeld zoals een luchtfotograaf misschien maar enkele malen in zijn leven kan schieten. Van onder naar boven: Haringvliet, Grevelingenmeer, Oosterschelde, Veerse Meer, Westerschelde.





Vanuit het oosten verspreidt *Zostera* zich na de afsluiting over het gehele bekken, aanvankelijk langzaam (1973), daarna sneller (1975). In de zomer van 1978 is een gebied van 4400 ha bedekt met zeegras, dat wil zeggen dat vrijwel alle potentiële habitats zijn begroeid.

De *verspreiding* over het Grevelingenmeer in de periode 1971-1978 is een klassiek voorbeeld van een kolonisatieproces. In de waterkolom van circa 0,5 tot circa 2 m diepte zijn licht en ruimte nauwelijks beperkend geweest. De snelheid van het proces is bepaald door de effectiviteit van de zaadproductie en zaadverspreiding. De *dichtheid* van de zeegrasbegroeiing wordt naar alle waarschijnlijkheid gereguleerd door het uitspruiten vanuit de wortelstokken. In dieper water waar vrijwel geen ondergrondse biomassa wordt gevormd, moet alles elk jaar opnieuw vanuit zaad opslaan.

In 1980 vindt zoals gezegd een sterke teruggang plaats in verspreiding en produktie. De

gemeenschap krimpt ineen en concentreert zich weer in het oosten van het meer. Het geven van een verklaring voor deze plotselinge terugval is niet eenvoudig. Het zoeken naar de oorzaken is echter wel van groot belang: de gang van zaken wijkt immers sterk af van de theoretische ontwikkeling. Het plotseling verdwijnen of ineenkrimpen van omvangrijke begroeiingen van waterplanten is ook internationaal gezien een zaak die nogal in de belangstelling staat; de precieze oorzaken zijn veelal onbekend.

Eutrofiëring

Een belangrijke en wijd verspreide oorzaak is de eutrofiëring (verrijking met voedingsstoffen) van ons oppervlaktewater. Onder normale omstandigheden, dat wil zeggen bij een lage tot matige belasting met voedingsstoffen, domineren meestal de waterplanten die zich in



Er is in de loop der jaren veel onderzoek verricht aan het Grevelingen-zeegras. Boven wordt een zeegraszode, die zojuist uit de bodem gespit is, aan boord gebracht. De groei meet men aan zodes die in korven op de bodem van het meer staan (rechts). Om de afbraaksnelheid te meten worden zakjes met vers zeegras weggezet (geheel boven) en later weer geoogst.



vele gevallen voeden door met hun wortels stoffen uit de bodem te halen. Veel waterplanten scheiden chemische verbindingen uit die de aangroei van microalgen tegengaan. Er vindt verder competitie plaats met plantaardig plankton om de aanwezige — lage — concentraties voedingsstoffen. Zo is de natuurlijke situatie in vele niet verontreinigde heldere meren en plassen.

Ons oppervlaktewater is echter in de loop van de tijd sterk geëutrofeerd. Niet alleen het zoete water heeft daaronder te lijden, maar ook het kustwater waarin de grote rivieren uitmonden. Dat heeft tot gevolg gehad dat de grote draadvormige wieren en de kleinere plantjes die op de waterplanten groeien meer kans kregen zich te ontwikkelen. Vaak gingen ze de waterplanten zelfs overwoekeren. Dit leidde uiteindelijk tot een achteruitgang in de groei van de waterplanten: de wieren nemen licht en ruimte weg. Het brakke Veerse Meer

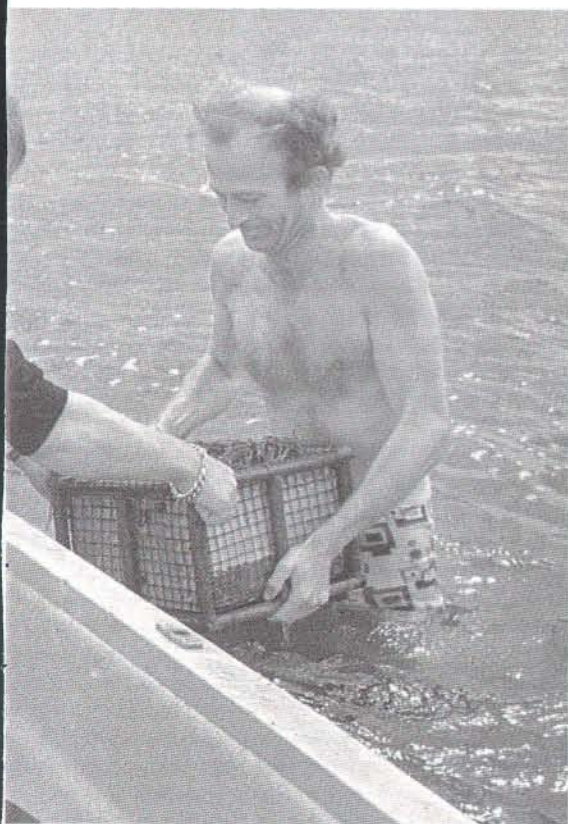
is daarvan een voorbeeld. Dit meer wordt veel sterker dan het Grevelingenmeer belast met anorganische voedingsstoffen. Het gevolg was een massale groei van groenwieren (zeesla), die het zeegras vrijwel volledig hebben weggedrukt.

Het verhaal gaat nog verder. Bij doorgaan- de 'overbemesting' kunnen de waterplanten met hun uitscheidingsprodukten de microalgen niet meer op afstand houden en bovendien dreigen ze de competitie om opgeloste voedingsstoffen te verliezen. Het plantaardig plankton krijgt onder die omstandigheden een kans en gaat 'bloeien'. Vaak voorkomende planktonbloei leidt tot troebel water en tot het vertrek van de waterplanten. Zo kon het gebeuren dat vele heldere wateren die in het verleden een rijke waterplantenbegroeiing hadden, met alle daarbij behorende dierlijke organismen, veranderd zijn in troebele planktonvijvers.

De neergang achteraf verklaard

In het Grevelingenmeer kan de eutrofiëring en de eventueel daarop inspelende planktonbloei niet direct worden aangegrepen om de tijdelijke teruggang van het zeegras te verklaren. De zeegrasziekte is ook niet de boosdoener, zoals we zagen. De intrigerende vraag blijft dan: wat mag dan wel de verklaring zijn?

Voor het Grevelingenmeer komen we tot de volgende verklaring die indirect toch terugrijpt op eutrofiëringsverschijnselen. Het eind 1978 in werking stellen van de sluiskokers in de Brouwersdam — met een gemiddelde aan- of afvoer van water van $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ heeft aanzienlijke veranderingen in het milieu veroorzaakt. Een belangrijk punt is dat *nitraat- en ammoniumrijk water* uit de Noordzee in het stikstofarme Grevelingenmeer werd ingelaten. Bovendien ging de belasting van het meer met voedselrijk polderwater ook door. De hoeveelheid stikstofhoudende voedingsstoffen, die vóór de opening van de sluis beperkend is geweest voor de produktie van planktonplantjes (fytoplankton), werd aangevuld, terwijl het water zijn grote helderheid bleef behouden. Door het inlaten van Noorzeewater ontstond een hardnekkige *gelaagdheid* van de watermassa's met een verschillende dichtheid. Deze gelaagdheid is vooral veroorzaakt door verschillen in zoutgehalte tussen de zuurstofloze







Links: Het zuidelijke deel van het Brouwershavense Gat werd met kabelbanen afgesloten. Het toen ontstane Grevelingenmeer bevatte nieuwe ecologische mogelijkheden voor o.a. zeegras, dat er dankbaar gebruik van maakte.

Boven: In de nazomer sterft het zeegras op grote schaal af. Het materiaal spoelt aan en vormt dan donkere randen langs de eilanden in het Grevelingenmeer.

Onder: Knobbelzwanen voeden zich voor een belangrijk deel met zeegras. Ze zijn dan ook het gehele jaar door in het Grevelingenmeer te vinden.



onderlaag en de zuurstofrijke bovenlaag, en in veel mindere mate door temperatuursverschillen. Een gevolg van deze gelaagdheid was dat de bodem beneden 8 m waterdiepte over grote oppervlakten zuurstofloos werd.

Wat er daarna gebeurde is niet precies bekend maar de volgende verklaring dekt vermoedelijk de werkelijkheid. Onder zuurstofloze omstandigheden wordt het organisch materiaal niet volledig afgebroken. De nitrificatie (aerobe afbraak van ammonium via nitriet naar het stabiele nitraat), bijvoorbeeld, wordt sterk geremd. Het ammonium dat uit de organische brokstukken ontstaat is een goede voedingsstof voor eencellige algen. In de bodem speelt zich nog een ander deel van de stikstofcyclus af, de denitrificatie (anaerobe omzetting van nitraat in gasvormig stikstof dat naar de atmosfeer ontwijkt). Als er geen aanbod aan nitraat is omdat de bodem anaeroob is, dan komt de denitrificatie niet op gang en dan blijft alle gemineraliseerde stikstof beschikbaar voor *algengroei*.

Veel licht en een verbeterde toevoer van voedingsstoffen leidde in 1979 tot een verdubbeling van deze fytoplanktonproduktie. De belasting van de bodem in ondiep water met neerregend, afstervend fytoplankton werd daardoor sterk opgevoerd. Dit moet hebben geleid tot een sterk vergrote zuurstofconsumptie in de bodem. Daarbij komt nog de uitzonderlijk grote vraag naar zuurstof tijdens het afstervingsproces van talloze dieren en planten in water en bodem als gevolg van de gelaagdheid in de watermassa. De vroeger zuurstofrijke (aerobe) bovenste 2-3 mm van de bodem werd snel zuurstofloos (anaeroob) en het wortelstelsel van het zeegras kon deze *ecoschok* niet weerstaan en ging dood.

Over aanzienlijke oppervlakken werd in 1980 een dode, zwarte wortelmassa in de bodem aangetroffen. Waarschijnlijk hebben de wortelstokken in de late winter van 1979 op 1980 de grootste klap gehad. Het afwezig zijn van bovengronds zeegras materiaal – een normaal verschijnsel in de eerste maanden van het jaar – leidde ertoe dat de wortelmat volledig verstoken bleef van zuurstof. Dit is wellicht nog verergerd door het ontbreken van storm-

achtig weer, dat zuurstof de bodem in had kunnen brengen. Vergiftiging door sulfide in de zuurstofloze bodem kan dan snel leiden tot het definitief afsterven van het ondergrondse wortelstelsel van het zeegras.

Door een wijziging van het sluisbeheer kon in 1981 een gelaagdheid van de watermassa, en daarmee gepaard gaande zuurstofloosheid over grote oppervlakken van het meer, worden voorkomen. Zeegraswortels zijn in staat om in een vrijwel zuurstofloze bodem te leven. Het transport van zuurstof van de bovengrondse delen naar de wortelstokken en de zuurstof-inbrengende omwoeling van de bodem door bodemdieren alsmede het naar beneden gerichte transport door golfwerking voorkomen dat de wortelmat afsterft. We moeten dan ook aannemen dat op plaatsen waar in 1980 de zee-grasmat afwezig was en in 1981 herstel optrad, schokeffecten zijn uitgebleven (d.w.z. een plotselinge scherpe daling van de zuurstofconcentraties) en een geleidelijke herkolonisatie van de bodem door zeegras is opgetreden.

De les van 1979-1980 is dus geweest dat moet worden voorkomen dat op grote schaal gelaagdheid in het meer optreedt. Gelaagdheid

TABEL. Zeegrasetende vogels.

Nederlands	Latijn
Knobbelzwaan	<i>Cygnus olor</i>
Rotgans	<i>Branta bernicla</i>
Meerkoet	<i>Fulica atra</i>
Wilde eend	<i>Anas platyrhynchos</i>
Wintertaling	<i>Anas crecca</i>
Smient	<i>Anas penelope</i>
Pijlstaart	<i>Anas acuta</i>
Tafeleend	<i>Aythya ferina</i>

Rechts: Vele duizenden smienten strijken 's winters in en rondom het Grevelingenmeer neer. Deze plantenetende eenden voeden zich ondermeer met zeegras.



van watermassa's en de daarbij optredende zuurstofloosheid remt de denitrificatie (er komt geen nitraat beschikbaar) en dat proces is nu juist noodzakelijk om de voortschrijdende belasting van het meer met stikstofhoudende voedingsstoffen te compenseren.

Zeegras in de voedselketens

Jaarlijks wordt er in het Grevelingenmeer ruwweg 11000 ton zeegras geproduceerd, uitgedrukt in droge stof. Dat komt neer op een produktie van ongeveer 100 gram organische koolstof per vierkante meter per jaar ($100 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$) in de zeegrasbedden.

Het geproduceerde zeegras dient als voedsel voor allerlei dieren. Van de ongewervelde dieren neemt de Zeeuwse zeepissebed (*Idotea cheilipes*) verreweg het grootste deel van de consumptie voor zijn rekening, namelijk ongeveer 5% van de jaarproduktie. Naast deze zeepissebed komt eigenlijk alleen de amfipode *Gammarus locusta* in aanmerking als zeegraseter, doch we gaan er vanuit dat de hoeveelheid die deze soort verorbert in het niet valt bij de consumptie door *Idotea*. Gewone alikruik (*Lit-*

rina littorea) en brakwaterhorentje (*Hydrobia ulvae*), twee slakken die frequent op en tussen de planten worden aangetroffen, worden uitgesloten als consumenten van vers zeegras. Deze slakken gedragen zich met name als grazer en ze nemen ook afbrekende zeegrasresten (met aangehechte micro-organismen) tot zich.

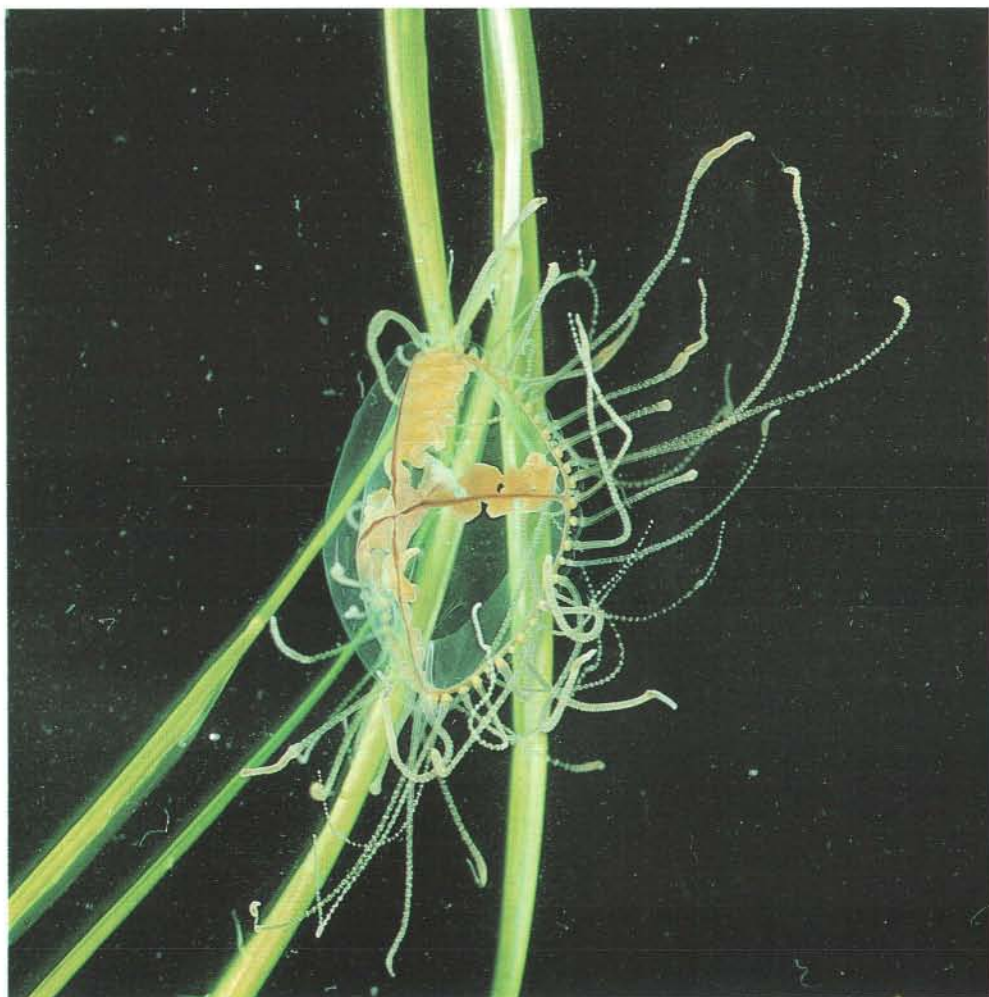
Een deel van de nettoproduktie van de Zeeuwse zeepissebed wordt geconsumeerd door grondels (*Pomatoschistus microps* en *P. minutus*), kleine vissoorten die zeer talrijk voorkomen in het Grevelingenmeer. De op het meer aanwezige futen (*Podiceps cristatus*) en middelste zaagbekken (*Mergus serrator*) voeden zich op hun beurt ondermeer met grondels. Ook paling (*Anguilla anguilla*) eet grondels. Hoeveel wordt geconsumeerd is onbekend. Een gering deel van deze paling wordt een prooi van de aanwezige aalscholvers (*Phalacrocorax carbo*). We zijn hiermee aan het einde gekomen van een lange voedselketen waarin 5% van het oorspronkelijke verse zeegras van schakel op schakel — met de bekende grote verliezen — wordt doorgegeven.

Een andere voedselketen (of beter: deel van het voedselweb) loopt via de plantenetende vogels (zie tabel). Met z'n allen zijn ook zij naar schatting goed voor een consumptie van circa 5% van de zeegrasproduktie. De belangrijkste herbivore vogel is de knobbelzwaan die 's winters en 's zomers in vrij grote aantallen aanwezig is. Verreweg het grootste deel van de jaarlijkse zeegrasproduktie (90%) echter wordt niet rechtstreeks door dieren geconsumeerd. Dit dode zeegras, het detritus, wordt geleidelijk afgebroken en komt langs omwegen toch weer ten goede aan talloze dieren.

Afbraakprocessen

Het afbraakproces van zeegrasdetritus is ingewikkeld en voor een deel nog onbekend. Enkele zaken springen in het oog. Het dode zeegrasmateriaal verliest snel — in de loop van enkele weken — aan gewicht. Na ongeveer 4 maanden blijft er nog circa 3-6% van het oorspronkelijke drooggewicht over. Dat bevindt zich dan vooral op de bodem van de geulen van het meer. Die fractie bestaat uit zaden en andere moeilijk afbreekbare resten. Het snelle gewichtsverlies wordt vooral veroorzaakt door autolyse en door het uitlogen van opgeloste verbindingen uit de dode cellen.



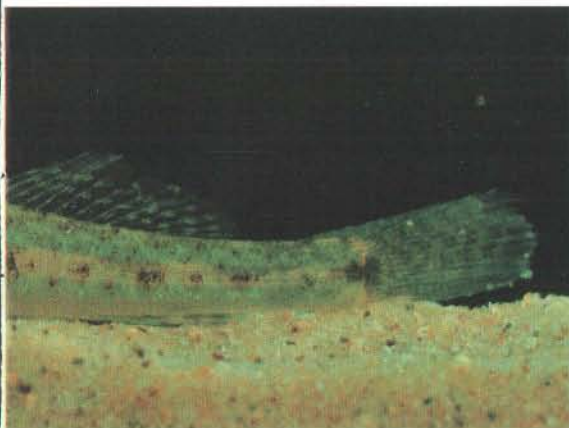


Boven: In het zoute getijloze milieu van het Grevelingenmeer is het mooie maar giftige dwergkwalletje *Gonionemus vertens* een voorbeeld van een dier met zeldzaamheidswaarde. Het wordt sinds 1976 's zomers in de zee-grasvelden aangetroffen. Opvallend zijn de vier bandvormige gekronkelde geslachtsorganen. Ze staan loodrecht op elkaar, vandaar de naam 'kruiswal'. De vele lange tentakels dragen aan het uiteinde hechtschijfjes waarmee de dieren zich aan de zeegrasbladeren kunnen vasthouden. Vandaar belagen ze kleine prooidiertjes zoals de Zeeuwse zeepissebed.

Rechtsboven: De Zeeuwse zeepissebed (*Idotea chelipes*) komt in zeer grote aantallen voor tussen en op de zeegrasplanten. Deze ongeveer 1 cm lange pissebed is één van de belangrijkste consumenten van zeegras.

Rechts: Onderdeel van de lange voedselketen die vanaf het zeegras via de Zeeuwse zeepissebed naar de vissen loopt, is het dikkopje (*Pomatoschistus minutus*). Dit 5-10 cm lange visje komt talrijk voor tussen het zeegras.





Een zeer gering deel van het zeegrasdetritus (circa 0,1%) verzamelt zich langs de oevers en hoopt zich daar op in de vorm van richeltjes en in het water zwevende rottende massa's. Deze rottende ophopingen van waterplanten kunnen hinderlijk zijn voor recreanten. Vooral de stankbezwaren worden nogal eens genoemd. Er is vanuit het standpunt van het natuurbeheer geen enkel bezwaar tegen om de ophopingen te verwijderen daar waar ze overlast bezorgen.

Kenmerkend voor het afbraakproces is de *fragmentatie* van de zeegrasbrokstukken. Deze brokstukken worden voortdurend kleiner. Dit proces wordt versneld door de activiteit van allerlei dieren en door waterbewegingen. Bacteriën spelen een belangrijke rol in dit afbraakproces. De aanwezigheid van deze micro-organismen op en rond de detritusdeeltjes heeft nog een andere kant. De meeste waterbacteriën zijn namelijk erg klein (kleiner dan $1\ \mu\text{m}$) en het kost een dierlijk organisme veel moeite om ze bij lage concentraties uit het water te zeven. Detritusdeeltjes fungeren als concentratiepunten voor deze bacteriën. Uiteindelijk blijven er microscopisch kleine ($< 1\ \text{mm}$) brokjes detritus over, dicht bezet met bacteriën en andere micro-organismen. Op deze wijze vormen ze een goed voedsel voor een breed scala van filtrerende en sediment-etende dieren.

Kenmerkend voor zeegrasdetritus is dat de kolonisatie door micro-organismen niet meteen na de dood van het gewas plaatsvindt, maar pas enkele weken later. Kennelijk gaat er een remmende werking uit van bepaalde stoffen in het zeegras op de groei van micro-organismen.

Het zeegras als woonplaats

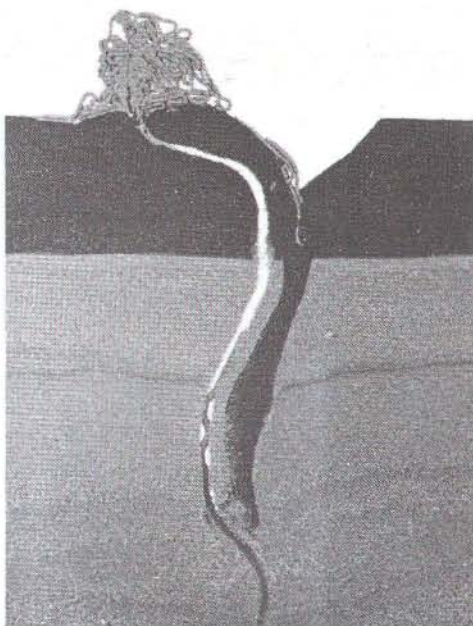
De zeegrasbegroeiing vormt een woonplaats voor vele soorten planten en dieren en geeft tevens beschutting. Overigens is dit een kwantitatief verschijnsel, met andere woorden, er zijn geen soorten bekend die uitsluitend geassocieerd zijn met het zeegras en elders in het Grevelingenmeer niet voorkomen. Misschien vormt de kruiskwal (*Gonionemus vertens*) een uitzondering. De medusa's van dit zeldzame kwalletje zijn tot nu toe slechts aangetroffen tussen en op de zeegrasplanten. De toename van de kwal liep parallel met de uitbreiding van de zeegrasvelden. Het leggen van oorzaak-

lijke verbanden tussen het voorkomen van zee-gras en andere planten en dieren is niet eenvoudig. In sommige gevallen zijn bepaalde soorten in grote aantallen geassocieerd met zee-gras, terwijl ze elders veel minder algemeen zijn of (nog) niet zijn gevonden.

Het losliggende, draadvormige groenwier *Chaetomorpha linum* is daarvan een voorbeeld. Deze soort komt zeer algemeen voor in het Grevelingenmeer en overgroeit 's zomers vele honderden hectares, vrijwel altijd samen met zee-gras. In zeer dichte zee-grasbestanden is de begroeiing door dit wier ijl. In open zee-grasvelden komt *Chaetomorpha* meer voor; daar is nogal eens een mozaïekpatroon te zien van de twee soorten. De losse wierdraden maken gebruik van de wortelende, stabiele zee-grasvegetatie. Ze groeien tussen de zee-grasplanten en kunnen daar, dank zij de beschutting, uitgroeien tot omvangrijke vegetaties. Als twee plantesoorten zo sterk geassocieerd zijn, ligt competitie (om ruimte of licht bijv.) voor de hand.

Het verband tussen het voorkomen van zee-gras en erop levende dieren (epifauna) is duidelijk. Een bodemsoort als de geleikorst (*Botryllus schlosseri*) en de grazende slakken gewone alikruik en brakwaterhorentje worden veel op zee-gras aangetroffen. Ongewervelde dieren die zich ook vrij in het water kunnen bewegen, zoals de aasgarnaal *Praunus flexuosus*, de amfipode *Gammarus locusta* en de Zeeuwse zeepissebed (een isopode) worden veel tussen en op de zee-grasplanten gevonden. Voor die laatste wekt dit verband geen verbazing; de soort voedt zich immers voor een niet gering deel met zee-grasbladeren en wat daarop leeft. Voor de aasgarnaal, die geen planteneter is, ligt de relatie minder voor de hand.

Het verband tussen het voorkomen van zee-gras en infauna is niet erg duidelijk. Grote bodemdieren zijn meestal erg onregelmatig verspreid: op de ene plek komen ze dicht op elkaar gepakt voor en op een belendende plek zit bijna niets. De onderlinge verschillen tussen de wel begroeide proefvlakken enerzijds of tussen de niet begroeide proefvlakken anderzijds zijn vaak erg groot. Voor één soort, de wadpier (*Arenicola marina*), ligt het verband iets meer uitgesproken. In de zee-grasgebieden komt hij duidelijk in grotere dichtheden voor op de open, niet met zee-gras begroeide plekken, dan in dichte zee-grasbedden. Dat ligt eigenlijk ook



Boven: De ondergronds levende wadpier (*Arenicola marina*) is bij een strandwandeling goed herkenbaar aan de tandpastahoopjes die hij boven zijn woonbuis draait. Het

wel voor de hand als we bedenken dat het voor wadpijeren een moeizame zaak moet zijn om hun woonbuizen in een wortelmat van zee-gras aan te leggen.

Wat de vissen betreft zijn de verbanden tussen hun voorkomen en dat van zee-gras evenmin duidelijk. Vissen zijn erg mobiel en uit het verspreidingspatroon van enkele soorten blijkt dat ze in redelijke aantallen tussen zee-gras voorkomen, maar ook in andere – niet met zee-gras begroeide – ondiepe gebieden. De beide grondelsoorten, het dikkopje (*Pomatoschistus minutus*) en de brakwatergrondel (*P. microps*) zijn het meest talrijk in ondiep water (tot 6 m diepte), waarbij opvalt dat de brakwatergrondel vooral voorkomt van 0 tot 1 m waterdiepte, terwijl het dikkopje iets dieper zit. Ook hier geldt weer dat het patroon van jaar op jaar, maar ook van maand op maand verschillen vertoont. De driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), die in het najaar vooral naar dieper water trekt, bouwt in het voorjaar zijn karakteristieke nestjes van restjes wier en zee-gras in de zee-grasbedden. Er



maken van zo'n woonbuis is eenvoudiger in een onbegroeide bodem dan door de wortelmat van het zeegras heen, zodat hij vooral op de open plekken te vinden is.

zijn vage aanwijzingen, als we afgaan op de plaatsing van de fuiken van de vissers, dat de commerciële belangrijke paling zich gedurende de zomer met name in zeegrasvelden ophoudt.

Conclusie

Het massaal verschijnen van waterplanten heeft soms te maken met het creëren van een nieuw milieu waarin nog ruimte is voor een snelgroeiende kolonist. Voor groot zeegras is het Grevelingenmeer hiervan een voorbeeld. Het verdwijnen van omvangrijke begroeiingen van waterplanten moet dikwijls – direct of indirect – aan eutrofiëring worden toegeschreven. Ook moet een plotseling optredende ziekte niet worden uitgesloten, hoewel dat achteraf moeilijk te bewijzen is.

De zeegrasgemeenschap in het Grevelingenmeer is de meest omvangrijke in het gehele gebied van de zuidelijke Noordzee. Zij vormt een karakteristiek onderwaterlandschap waarin zeer vele dieren, waaronder grote aantallen beschermde vogels, voedsel vinden. Het zeegrasdetritus voedt talrijke filtreerders, detrituseters en dieren van hogere voedselniveaus. De zeegrasbedden vormen een woonplaats voor vele planten en dieren en ze geven beschutting gedurende tere levensfasen van verscheidene zeedieren. De begroeiing is kwetsbaar aangezien zij slechts voorkomt onder tamelijk zeldzame milieuomstandigheden. Eutrofiëring kan het zeegras ernstig aantasten.

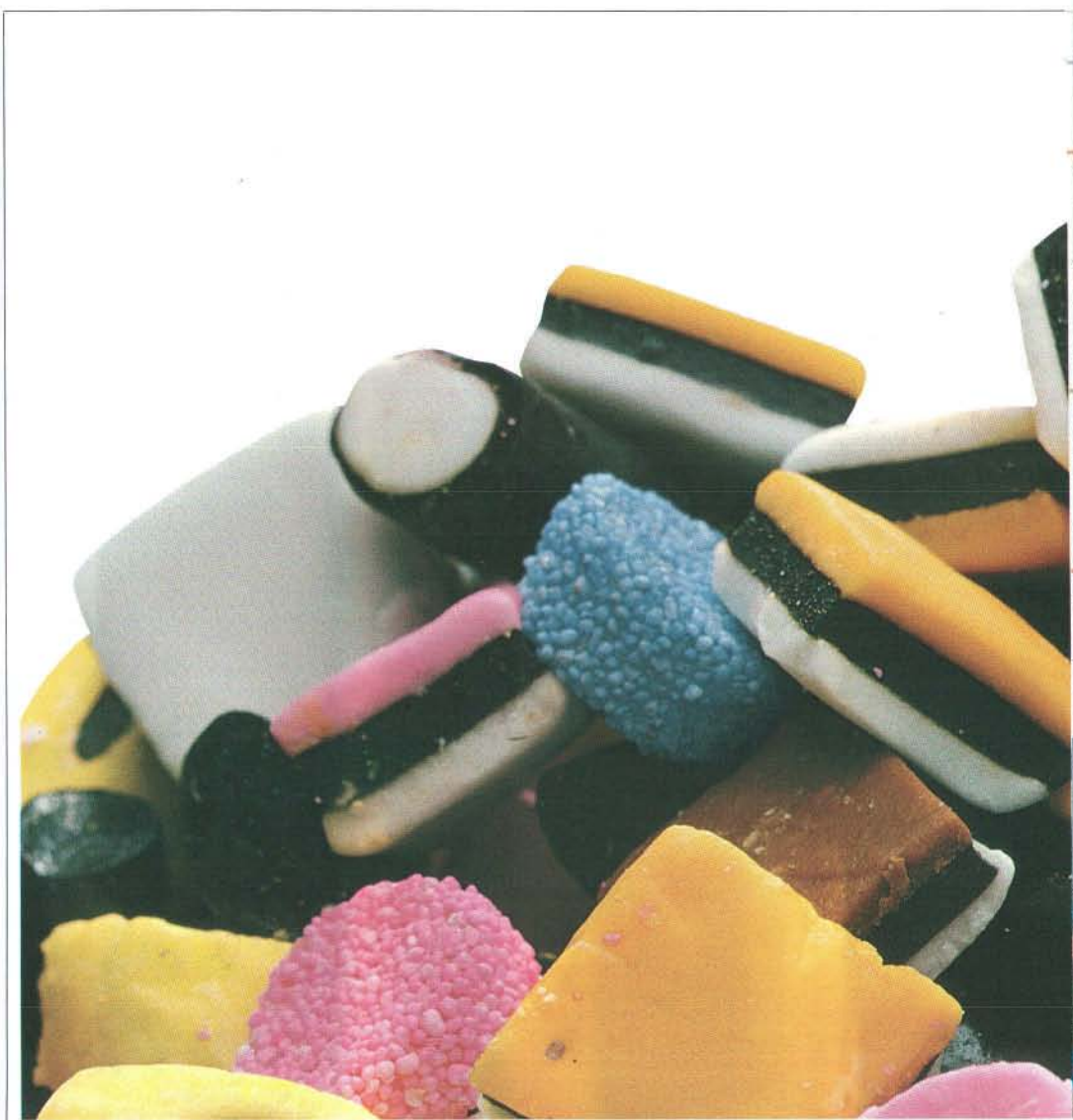
De gebeurtenissen uit 1980 tonen aan dat het komen en gaan van planten nog lang niet zo goed gekend is als wij wel zouden willen. Het zeegras hield zich in het Grevelingenmeer duidelijk niet aan de theorie.

Literatuur

- Bakker, C., (1981). *On the distribution of Gonionemus ver-tens A. Agassiz (Hydrozoa, Limnomedusae), a new species in the eelgrass beds of Lake Grevelingen. (S.W. Netherlands)*. Hydrobiol. Bull. 14: 186-195.
- Doornbos, G., (1982). *Changes in the fish fauna of the former Grevelingen estuary, before and after the closure in 1971*. Hydrobiol. Bull. 16: 279-283.
- Lindeboom, H.J. and A.J.J. Sandec, (1983). *The effect of coastal engineering projects on microgradients and mineralization reactions in sediments*. Wat. Sci. Techn. 16: 87-94.
- Nienhuis, P.H., (1983). *Zeegrasgemeenschap in het Grevelingenmeer*. In: S. Parma (ed.) – Oecologie van meren en plassen. PUDOC, Wageningen. Biol. Raad Reeks, pp. 36-56.
- Pellikaan, G.C., (1982). *Decomposition processes of eelgrass, Zostera marina*. L. Hydrobiol. Bull. 16: 83-92.

Bronvermelding illustraties

- Rijksmuseum Zuiderzeemuseum, Enkhuizen: pag. 416, 417, 418 boven.
- Aerocamera – Bart Hofmeester, Rotterdam: pag. 422-423, 426.
- Svend Tougaard, Esbjerg, Denemarken: pag. 432.
- Alle overige foto's zijn van René Kleingeld, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke.



KLEUR-STOFFEN

Het oog
wil ook wat



Heeft u zich wel eens afgevraagd, hoe dat nu zit met die lekkere kleurtjes van snoep, hoe uw drankje zo betoverend groen geworden is, of hoe lippenstift aan zijn kleur komt? Hoe gevaarlijk zijn die kleurstoffen nu eigenlijk? Waarom worden ze eigenlijk toegepast? Het blijkt dat kleurstoffen voornamelijk gebruikt worden om een bepaald produkt

een 'aantrekkelijk' uiterlijk te geven opdat het 'geconsumeerd' zal worden. Het gebruik van kleurstoffen is in den lande streng gereguleerd en zelfs op internationale schaal al via EG-overeenkomsten.

H.M. Brand en Th. Mooy
Vakgroep Producttechnologie
Laboratorium voor Chemische Technologie
TH Delft

Inleiding

De eerste indrukken van een maaltijd worden in belangrijke mate bepaald door hoe het er uit ziet. Onze directe waarneming en waardering wordt in belangrijke mate bepaald door de vorm, de aard en, zeker niet in de laatste plaats, de kleur. Een levensmiddel met een voor ons gevoel 'verkeerde' kleur zal onze argwaan opwekken en de eetlust (kooplust) verminderen. Deze acceptatie speelt ook een rol bij de aanschaf van cosmetica en zal de vrouw (of man) juist die kleurencombinatie doen kiezen, die het beste bij haar of hem past. De levensmiddelenindustrie en de cosmetische industrie spelen daar direct op in.

Al sedert de grijze oudheid maakt men gebruik van kleurstofadditieven voor uiterlijke verfraaiing. Kleurstoffen zoals henna, ultramarijn, kopergroen en annatto werden al in de Romeinse tijd veelvuldig gebruikt voor het versieren van het lichaam, waarbij het gebruik van extra 'ornamenten' niet zelden een teken van waardigheid of rijkdom was.

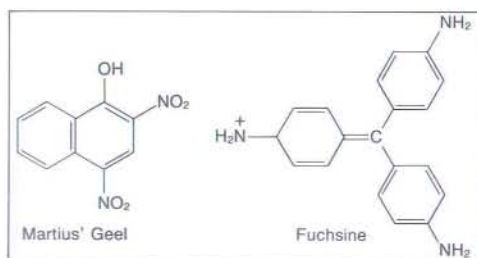
De levensmiddelenindustrie moet vaak gebruik maken van (bij)kleuring, als het produkt zijn kleur geheel of gedeeltelijk verloren heeft tijdens de fabricage (conservering, e.d.) of als seizoensinvloeden gecamoufleerd moeten worden. Een bekend voorbeeld hiervan is de 'winterkaas'. Wanneer de koeien op stal staan zal het hun aangeboden voedsel veel minder carotenoiden en riboflavine (welke verantwoordelijk zijn voor de zo karakteristieke gele kleur van kaas) bevatten dan in de zomer. 's Winters zal de fabrikant van kaas derhalve kleurstof toevoegen (annatto) om een constante kleur van het eindprodukt te waarborgen. Deze natuurlijke kleurstof heeft tevens een provitamine functie (vitamine A). Soms wordt de kleur (en ook de smaak) volledig langs synthetische weg verkregen (sommige frisdranken, kauwgums, desserts, enz.).

Historische ontwikkeling

Zoals op zovele terreinen heeft de Industriële Revolutie ook haar invloed gehad op de levensmiddelen- en cosmetische industrie. Voordat de ontwikkeling van de synthetische kleurstoffen op gang kwam, halverwege de 19e eeuw, was men volledig aangewezen op natuurlijke kleurstoffen. Deze waren echter duur

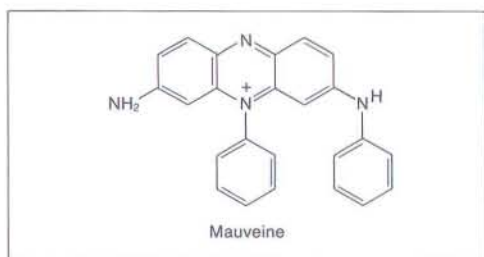
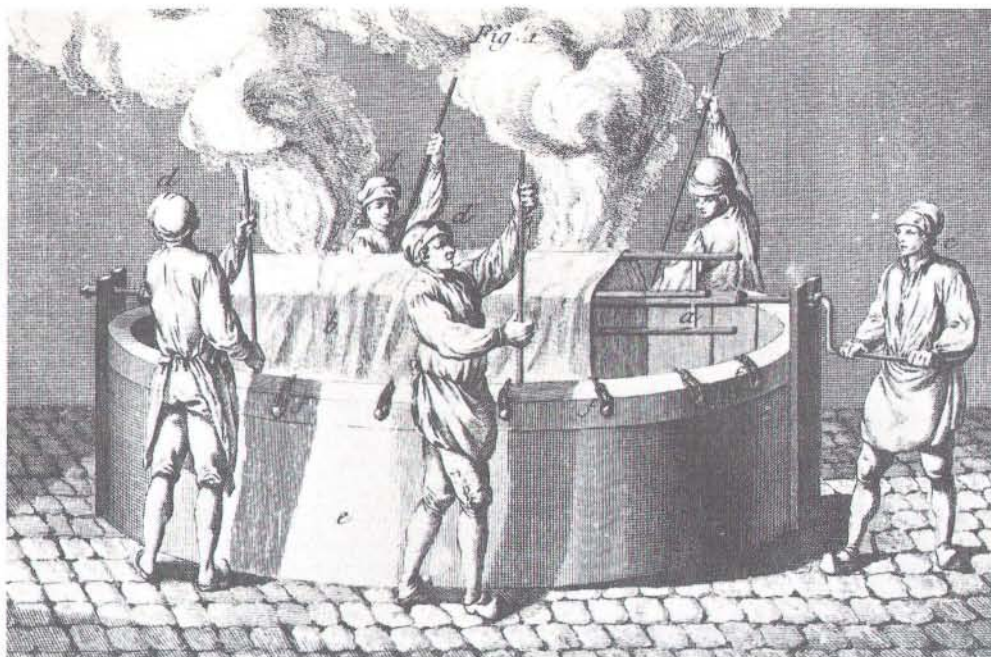
en de bereiding vergde veel tijd en bekwaamheid. De ontdekking van mauveïne (zie fig. 1) door Perkin in 1856 (die geheel toevallig plaatsvond toen Perkin probeerde kinine te synthetiseren uit aniline) luidde echter het tijdperk van de synthetische kleurstoffen in.

Hoewel synthetische kleurstoffen al langer bekend waren (bijv. Mitscherlich in 1834 met azobenzeen), was de ontdekking van mauveïne belangrijk, omdat dit de eerste synthetische kleurstof was, die technisch toepasbaar was, namelijk voor het verven van textiel. In snel tempo werden grote aantallen verschillende kleurstoffen gesynthetiseerd, waarvan het chromofore systeem (het gedeelte van de organische molecule, dat verantwoordelijk is voor de uiteindelijk waargenomen kleur) vaak totaal verschillend was. De groepen kleurstoffen, die bijzondere belangstelling genoten en op zeer grote schaal werden gemaakt, waren vooral azo-kleurstoffen, trifenylnmethaan-kleurstoffen en, in een wat latere periode, indigoïde kleurstoffen.



De synthetische kleurstoffen hadden een aantal belangrijke voordelen boven de natuurlijke kleurstoffen. De synthese was dermate eenvoudig, dat iedereen zonder ingewikkelde hulpmiddelen (en geld) in staat was ze te maken; dit kon gebeuren voor een prijs, waartegen de natuurlijke kleurstoffen nimmer zouden kunnen concurreren.

Uit deze periode dateert ook de explosieve ontwikkeling van de organische chemie, waardoor veel verbindingen op de markt kwamen, die tot dan nog onbekend waren. Daarmee was het mogelijk een groot scala aan kleurstoffen te synthetiseren, voornamelijk voor de textielververij. Ook de levensmiddelenindustrie was



Links: Fig. 1. De chemische structuur van synthetische kleurstoffen uit de vorige eeuw. Doordat deze eenvoudig te maken waren, verloren de natuurlijke kleurstoffen langzaam terrein.

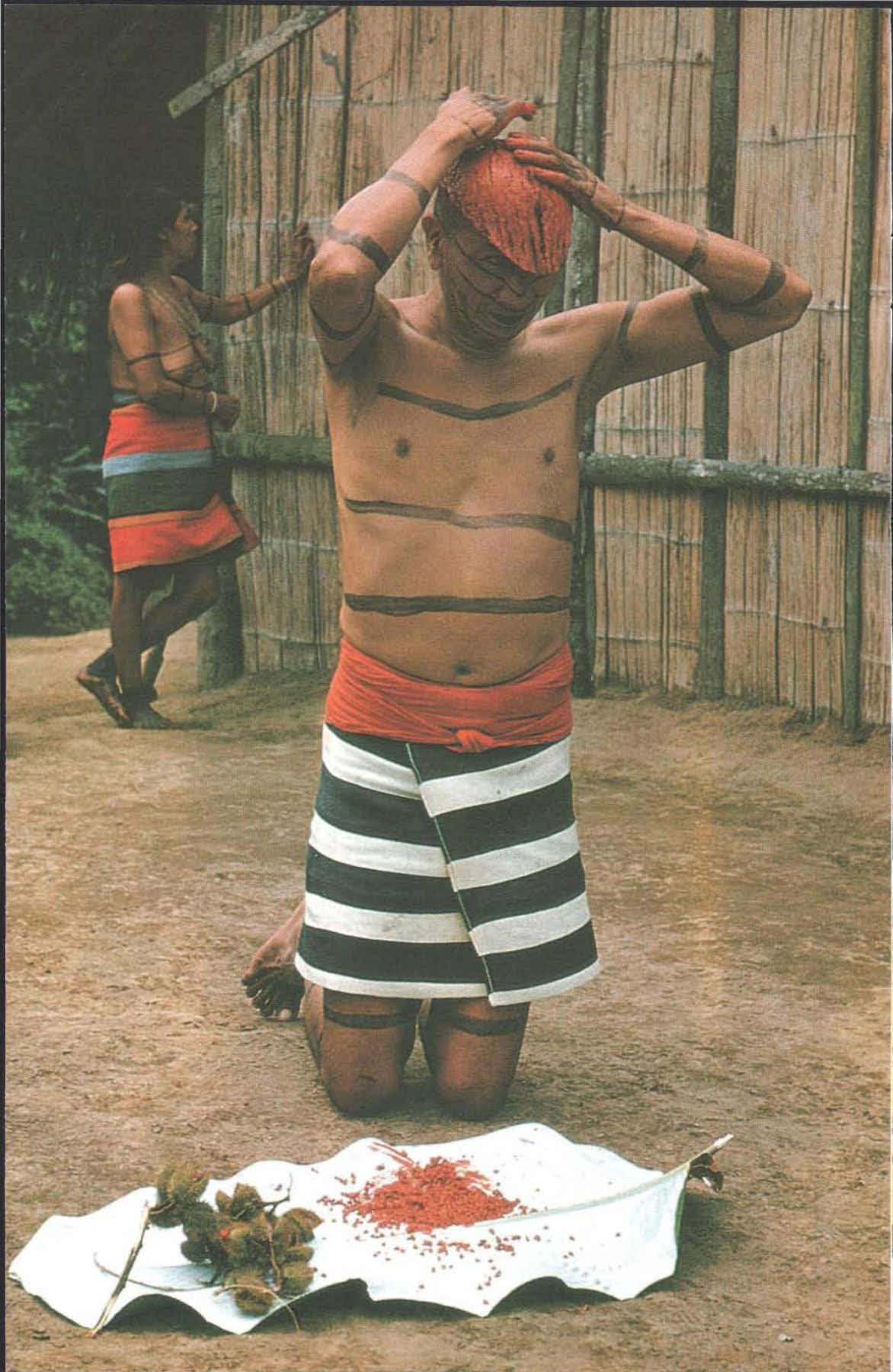
Boven: Het verven van textiel, zoals met natuurlijke kleurstoffen gebeurde was een bijzonder arbeidsintensief proces. De aangeverfde kleurstof diende gefixeerd te worden op de vezel (wol, katoen). Dat gebeurde doorgaans bij verhoogde temperatuur. Met de opkomst van de synthetische kleurstoffen was deze nabehandeling vaak niet meer nodig.

een gewillige afnemer. Al in 1860 wordt er melding gemaakt van het gebruik van fuchsine (zie fig. 1) in Franse wijn en het gebruik van Martius' geel (zie fig. 1) in boter, spaghetti en macaroni. De natuurlijke kleurstoffen leken geheel verdrongen te worden.

De cosmetische industrie maakte op dat moment nog niet zo'n intensief gebruik van synthetische kleurstoffen, vooral omdat kleurstoffen voor cosmetica meestal pigmenten zijn, die niet in water oplossen. De ontwikkeling van organische pigmenten kreeg pas in een later stadium vaste vorm en men gebruikte in deze periode vrijwel uitsluitend anorganische pigmenten (ultramarijn, mangaanviolet,

chroomhydroxiden, ijzeroxiden, e.d.) en natuurlijke kleurstoffen. Bovendien was in die tijd het gebruik van cosmetica zeker nog geen gemeengoed in de vorm zoals dat heden ten dage het geval is.

Het beschikbaar komen van een grote variatie aan kleurstoffen leidde al bijzonder snel tot een forse wildgroei. In 1890 waren er in de Verenigde Staten naar schatting al zo'n 80 kleurstoffen in gebruik voor consumptie-artikelen. Aangezien er doorgaans geen sprake is van acute vergiftiging, werd het potentiële risico van sommige kleurstoffen voor de gezondheid pas rond de eeuwwisseling onderkend. De eerste interventie van overheidswege



vond plaats in Amerika in 1886 met de Boterwet, waarbij het gebruik van Martius' geel verboden werd. Dit gebeurde naar aanleiding van een aantal sterfgevallen in Boston, veroorzaakt door een overmatig gebruik van deze kleurstof in macaroni.

Uit deze tijd dateert vanuit Duitsland de 'Farbengesatz', die de aanwezigheid van antimoon, arseen, lood, cadmium, koper, kwik en andere zware metalen in levensmiddelen verbod, alsmede ook enkele erkend toxische verbindingen als pikrinezuur (2,4,6-trinitrofenol) en coralline (tri-(p-hydroxyfenyl)-methaan).

De behoefte aan een inventarisatie van kleurstoffen voor levensmiddelen en analyse op (toxische) eigenschappen werd steeds sterker voelbaar, maar het duurde nog een aantal jaren voordat daadwerkelijk actie werd ondernomen. Met de in 1906 in de USA ingevoerde 'Food & Drug Act' werden zeven kleurstoffen voor gebruik in levensmiddelen toegestaan. De kleurstoffen werden met de toen ter beschikking staande middelen uitvoerig onderzocht op hun toxische eigenschappen en als 'veilig' gekwalificeerd.

Deze wet werd in de meeste landen, soms met kleine aanpassingen, overgenomen. In Nederland werd het gebruik van kleurstoffen in levensmiddelen vastgelegd in de Warenwet (1919), die thans nog steeds van kracht is en

via allerlei besluiten regelmatig op nieuwe ontwikkelingen wordt aangepast. Gezien de behoefte van de levensmiddelenindustrie aan een groter scala aan kleurstoffen werd deze lijst tot aan 1938 met nog eens acht kleurstoffen uitgebreid. Het is opmerkelijk dat van de uiteindelijke lijst thans nog zeven kleurstoffen toegepast mogen worden.

De Belgische wetgeving voor levensmiddelen is geformuleerd in de 'Wetgeving op de Eetwaren', doorgaans ook 'Warenwet' genaamd. Met betrekking tot de toegestane kleurstoffen kan overigens vermeld worden dat het gebruik ervan niet afwijkt van de Nederlandse wetgeving. Ook hier worden de EG-richtlijnen gevolgd.

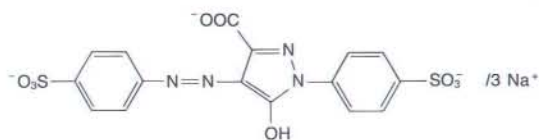
De Food & Drug Act bood echter te veel ruimte voor allerlei manipulaties (het controlesysteem berustte bij het Ministerie van Landbouw, dat niet veel aandacht schonk aan deze problematiek). Dit leidde in 1938 tot de formulering van de Food, Drug & Cosmetic Act. Het controlesysteem werd aanzienlijk uitgebreid en controles werden aanmerkelijk intensiever. Er werd ook een nieuwe inventarisatie gemaakt van kleurstoffen en bovendien werd een uitgebreid onderzoeksprogramma naar toxiciteit opgesteld. Het controlesysteem sorteerde vanaf dat tijdstip onder de Food & Drug Administration.



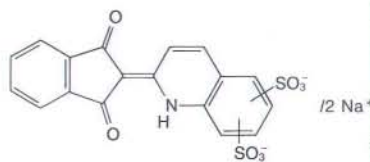
Boven: Een kleurenwaaier van de elf in Nederland toegestane synthetische kleurstoffen voor levensmiddelen. Van links naar rechts chinolinegeel (E 104), tartrazine (E 102), zonnegeel FCF (E 110), cochineelrood A (E 124), erythrosine (E 127), azorubine (E 122), amarant (E 123), patentblauw (E 131), indigotine (E 132), briljant-zwart BN (E 151) en wolgroen BS (E 142).

Geheel links: Het gebruik van annatto's (afkomstig uit de wortels van *Bixa orellana*) door de Colorado Indianen uit Ecuador is een voorbeeld van gebruik van kleurstof voor speciale, vaak rituele gelegenheden. Dit is eigenlijk de meest elementaire vorm van gebruik van cosmetica.

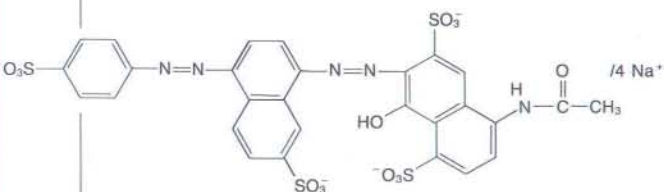
Links: Kaaskleursel, zoals dat door boeren en de zuivelverwerkende industrie verwerkt wordt, bestaat uit een mengsel van kleurstoffen uit de groep der carotenoiden. De hoofdbestanddelen worden gevormd door bixine en norbixine: dit zijn natuurlijke kleurstoffen (orleaan, annatto), die behalve een kleurfunctie ook nog een provitaminefunctie hebben.



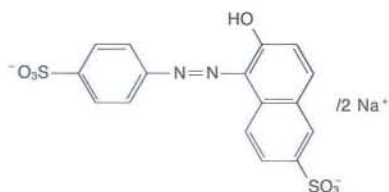
Tartrazine



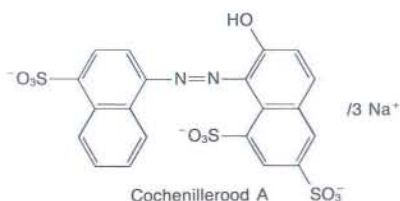
Chinolinegeel



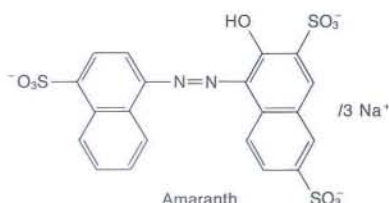
Briljantzwart BN



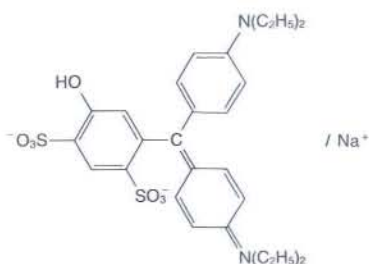
Zonnegeel FCF



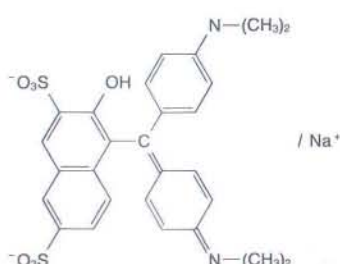
Cochenillerood A



Amaranth



Patentblauw



Wolgroen BS

Uitbreiding met de cosmetische kleurstoffen gaf bovendien de wet meer inhoud, omdat de betrokken kleurstoffen vaak in voedsel én in cosmetica gebruikt kunnen worden. Het moge overigens duidelijk zijn, dat deze wet zich niet uitsluitend beperkt tot de te gebruiken kleurstoffen, maar tevens alle andere additieven behandelt.

Invoering van de Food, Drug & Cosmetic Act leidde niet alleen tot een beter controlestelsel en een efficiënter onderzoeksbeleid, maar gaf nu ook de mogelijkheden tot controle op het gebruik van kleurstoffen in cosmetica. In cosmetica worden kleurstoffen soms in

gehalten van 30 procent en meer toegepast, maar de potentiële risico's van toxiciteit zijn geringer (hoewel allergische reacties hier veel vaker optreden).

Was er voor het in werking stellen van de FD & C-Act nog sprake van enige uniformiteit in de wetgeving in de verschillende landen, met het uitbreken van de Tweede Wereldoorlog verdween deze al zeer spoedig. De wetgevingen in de andere landen (en dus ook België en Nederland) gingen meer een eigen leven leiden. Toch werd na 1948 getracht om via gezamenlijke overlegorganen enige overeenstemming in het kleurstoffenbeleid te brengen. Dit zou

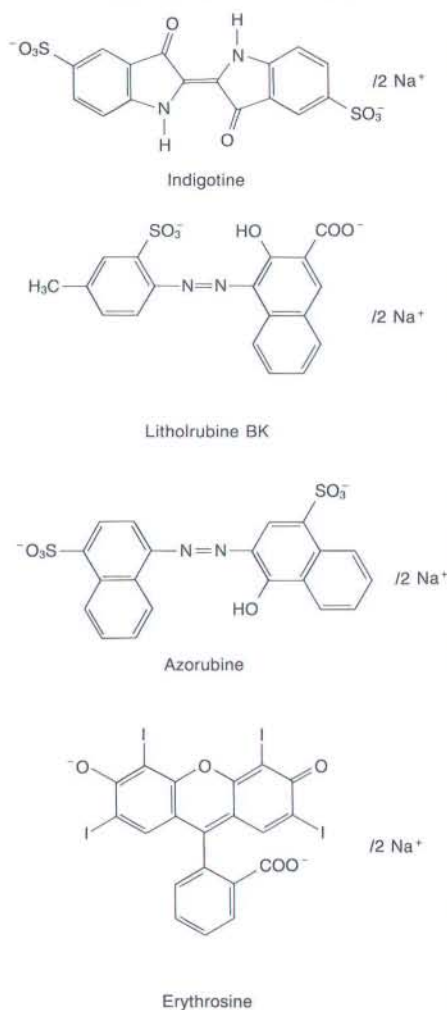


Fig. 2. Structureel behoren de levensmiddelkleurstoffen tot diverse groepen van verbindingen. Men kan onder andere onderscheiden de azo-kleurstoffen (amaranth, tartrazine), trifenylmethaan kleurstoffen (patentblauw, wolgroen BS), indigoïde kleurstof (indigotine) en chinoline kleurstoffen (chinolinegeel). Erythrosine wordt doorgaans gerekend tot de xantheen kleurstoffen, maar kan zondermeer ingedeeld worden bij de trifenylmethaan kleurstoffen. Litholrubine BK wordt uitsluitend voor oppervlaktekleuring gebruikt (kaas) en op verpakking voor levensmiddelen. De groep rubine-kleurstoffen (afgeleid van 3-hydroxy-2-naftoëzuur) wordt dikwijls gebruikt voor cosmetica.

moeten gebeuren via de FAO (Food and Agricultural Organization) en de WHO (World Health Organization), maar tot enig tastbaar resultaat heeft dit tot nu toe nauwelijks geleid.

Veel meer overeenstemming bestaat er daarentegen binnen EG-verband. Toch zijn hier ook problemen geweest tussen de lidstaten. Als illustratie daarvan kan het gebruik van chocoladebruin HT genoemd worden. Deze kleurstof was voor gebruik in levensmiddelen in Engeland geoorloofd, maar was in de andere lidstaten niet toegestaan. Toen Engeland toetrad tot de EG, moesten derhalve interim-regelingen getroffen worden, die tijdelijk gebruik van chocoladebruin HT toestonden om het goederenverkeer tussen Engeland en de overige lidstaten niet te schaden of onmogelijk te maken.

Binnen EG-verband werd de SCF (Scientific Committee for Food) in het leven geroepen. Deze commissie stelde een leidraad op met de aanbeveling deze in de nationale wetgevingen op te nemen (doch niet dwingend). Toch zijn de afzonderlijke lidstaten gerechtigd EG-kleurstoffen al dan niet toe te staan in bepaalde levensmiddelen, daarbij voorbij gaand aan de richtlijnen van de SCF. Een sprekend voorbeeld hiervan is, dat de Franse regering tot voor kort het gebruik van amaranth (zie fig. 2) uitsluitend toestond voor het kleuren van viskuit, terwijl deze kleurstof door de andere lidstaten ook in andere levensmiddelen werd toegelaten.

De SCF stelde op basis van wetenschappelijke rapporten een lijst samen van kleurstoffen, al dan niet in gebruik voor levensmiddelen. Een van de belangrijkste parameters daarbij was het vaststellen van een zogenaamde ADI-waarde (Acceptable Daily Intake). Voor een aantal levensmiddelkleurstoffen werd een dergelijke waarde definitief vastgesteld (erythrosine, indigotine, zonnegeel FCF en tartrazine, zie fig. 2), en voor een aantal werd een tijdelijke waarde vastgesteld (amaranth, azorubine, briljantzwart BN, patentblauw, wolgroen BS, cochenillerood A en chinolinegeel, zie fig. 2). De hoeveelheid kleurstof die zonder bezwaar geconsumeerd kan worden komt overeen met een hoeveelheid van ca. 100 mg per dag voor iemand van 75 kilo. De kleurkracht van deze verbindingen is echter dermate groot, dat deze hoeveelheid zelden gehaald wordt.

Tot voor kort waren twaalf synthetisch organische kleurstoffen voor levensmiddelen in gebruik (waarvan een uitsluitend voor oppervlaktekleuring van kaas: litholrubine BK). Door een aanvulling van de Warenwet in 1902 is het kleurstoffenbestand uitgebreid met chocoladebruin HT en briljantblauw FCF (met als voorlopig EG-nummer E-133). Voor cosmetica worden zo'n 250 kleurstoffen gebruikt, waar de reeds genoemde levensmiddelenkleurstoffen, al dan niet als pigment, bij inbegrepen zijn. Zo'n 100 daarvan zijn permanent toegelaten. Voor cosmetische kleurstoffen worden doorgaans geen ADI-waarden gehanteerd (hier zijn vooral huid-eigenschappen van belang). Dat gebeurt alleen in die gevallen waarbij ze de maag zouden kunnen bereiken (bijv. tandpasta's of mondspoelingen). Hiervoor worden dan levensmiddelkleurstoffen gebruikt.

Onder: Door middel van dunne-laag-chromatografie kan men kleurstoffen identificeren. Van links naar rechts zijn te onderscheiden een monoazo-kleurstof, diazo-kleurstof, triarylmethaan-kleurstof, een antraquinon-kleurstof en een indigoïde kleurstof.



Naamgeving

Behalve de klassieke naam, die men aan kleurstoffen gaf, hebben de levensmiddelkleurstoffen ook een zogenaamd EG-nummer (bijvoorbeeld erythrosine: E-127). Wanneer een kleurstof wordt toegevoegd (en dat geldt ook voor andere additieven zoals conserveermiddelen, antioxidanten, emulgatoren, enz.) dan dient dit uitdrukkelijk op de verpakking vermeld te staan (tenzij de wetgever anders beslist). De producent is echter (nog) niet verplicht om EG-nummers te vermelden.

Voor cosmetische kleurstoffen wordt een dergelijke naamgeving niet gehanteerd en wordt naast de triviale naam de nummering volgens de 'Color Index' gebruikt.



misch niet haalbaar om nieuwe kleurstoffen voor de levensmiddelenindustrie te ontwikkelen met als oogmerk deze op de markt te brengen. Een uitzondering hierop vormen de polymere kleurstoffen.

Links: Vaak worden kleurstoffen gebruikt om een product een aantrekkelijker aanzien te geven. Zoals dat bij worst en soortgelijke producten het geval is, zou het nuttig zijn een breder scala aan olie-oplosbare kleurstoffen ter beschikking te hebben.

Onder: Vooral voor cosmetica is het essentieel, inzicht te hebben in de dermatologische eigenschappen van de kleurstoffen. De testmethoden daarvoor zijn helaas niet bepaald vriendelijk ten aanzien van de proefdieren. Het is overigens de vraag of het uittesten van cosmetica en andere luxe artikelen op proefdieren ethisch verantwoord is.



Testen van kleurstoffen

Zoals bij alle te testen chemicaliën voor inwendig en uitwendig gebruik het geval is, worden korte- en lange-termijn studies verricht en wordt doorgaans ook de acute toxiciteit onderzocht. Daarbij wordt ook veel aandacht besteed aan mogelijke teratogene (vruchtbeschadigende) en mutagene effecten. Daarbij zijn vooral knaagdieren bijzonder geschikte (?) proefdieren, hoewel ook wel honden en apen gebruikt worden.

In het algemeen is de procedure bijzonder arbeids- en kapitaalintensief en te vergelijken met de ontwikkeling en legalisering van nieuwe farmaceutische of gewasbeschermende middelen. Het is in het algemeen dan ook econo-

Eigenschappen

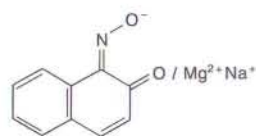
Kleurstoffen voor levensmiddelen en cosmetica moeten aan een aantal eisen voldoen om gebruikt te worden. De achtergrond voor het gebruik van kleurstofadditieven aan bijvoorbeeld aftershave lotions, haarwater en zeep is dezelfde als die voor het gebruik in levensmiddelen (uitsluitend een esthetisch doel), maar in een grote groep cosmetische producten is de kleurstof het hoofdbestanddeel van het product. Soms zijn deze producten zelfs niet veel anders dan kleurstoffen in een gebruiksklare vorm (lippenstift, rouge's, nagellak), voorzien van vulmiddelen, emulgatoren, antioxydantia, bindmiddelen, e.d.

De eisen waaraan levensmiddel- en cosmeti-

sche kleurstoffen moeten voldoen hangen natuurlijk af van het gebruiksdoel en kunnen in de gebruikelijke zin des woords produkt-eisen genoemd worden. De belangrijkste zijn:

– De *toxiciteit* van de kleurstof en zijn afbraakprodukten moet aantoonbaar laag zijn. Toch zijn de eisen voor kleurstoffen voor cosmetica meestal wat minder stringent dan voor levensmiddelen. Veel cosmetische produkten, zoals mascara, nagellak en rouge, hebben geen directe interactie met het metabolisme van de mens. Het aantal kleurstoffen voor cosmetica is derhalve ook aanmerkelijk groter. Toch moet men bij toxiciteitsproeven rekening houden met allergische reacties en absorptie van de kleurstof via de huid;

– De *zuiverheid* van de te gebruiken kleurstoffen moet, mede om redenen van toxiciteit, hoog zijn (zie tabel 1). In het algemeen zijn de eisen van zuiverheid waaraan een kleurstof moet voldoen bijzonder streng en zeer nauwkeurig omschreven. De wetgever oefent een systematische controle uit op het gebruik van kleurstoffen die op enigerlei wijze van invloed zouden kunnen zijn op het metabolisme. Voor levensmiddelen is dit vastgelegd in de Warenwet en het Kleurstoffenbesluit (1964, laatstelijk herzien in 1982); dit wordt middels verschillende besluiten als het Bierbesluit, het Consumptieijbsbesluit, het Geconserveerde Vruchtenbesluit, het Wijnbesluit, enz. geëffectueerd. Voor cosmetica is dit vastgelegd in het Cosmeticabesluit.



Pigmentgroen B

De Keuringsdiensten van Waren analyseren regelmatig produkten op deze kleurstoffen. Voor levensmiddelen vindt dat plaats in Rotterdam en voor cosmetica in Enschede. Ook in gevallen, waarbij indirect sprake zou kunnen zijn van een negatieve invloed op de gezondheid kan de Keuringsdienst ingrijpen (bijvoorbeeld gekleurd speelgoed, verpakkingsmiddelen, e.d.);

– De *verwerkbaarheid*: in het algemeen komen kleurstoffen voor het gebruik in levensmiddelen in verschillende vormen op de markt: *Poeders* (hoog gehalte aan kleurstof maar doorgaans wat minder eenvoudig te behandelen wegens stofproblemen). *Granules* (duurder en een lagere oplosbaarheid, maar geen stofproblemen). *Waterige oplossingen*

TABEL 1. Zuiverheidseisen te stellen aan levensmiddelkleurstoffen.

Anorganische verontreinigingen	As minder dan 5 mg/kg.
	Pb minder dan 20 mg/kg.
	Sb, Cu, Cr, Zn, Ba (als sulfaat) minder dan 100 mg/kg, met een maximum voor het totaal van deze verontreinigingen van 200 mg/kg.
	Cd, Hg, Se, Te, Ti, U en chromaat moeten afwezig zijn.
Organische verontreinigingen	β -Naftylamine, benzidine, 4-aminobifenyl en polycyclische aromaten mogen niet aantoonbaar zijn.
	Aromatische amines minder dan 0,01%.
	Andere synthetische tussenprodukten dan anilines minder dan 0,5%, terwijl het gehalte aan met ether extraheerbare stoffen maximaal 0,2% mag zijn.

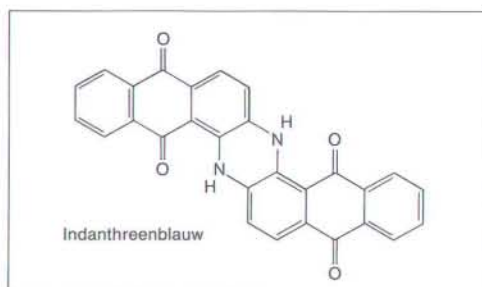
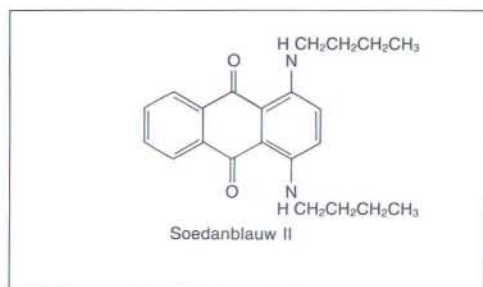


Fig. 3. Deze kleurstoffen zijn niet oplosbaar in water. Dat wordt veroorzaakt door het ontbreken van bepaalde (bijv.

sulfonzure) groepen aan de molecule. Vergelijk deze structuurformules maar met die op pag. 440-441 (fig. 1).

(geringe hoeveelheid kleurstof per eenheid van volume, maar gebruiksklaar). *Pasta's* (gebruiksklaar, o.a. ook in waterarme producten, maar duur). *Plating colors* (zeer goede dieptewerking voor dry mixes, maar duur en niet in alle kleuren beschikbaar).

In welke vorm kleurstof gebruikt zal worden hangt van geval tot geval af. Als slechts kleine hoeveelheden gekleurd hoeven te worden zal men doorgaans de voorkeur geven aan kant-en-klare oplossingen, terwijl poeders gebruikt zullen worden wanneer men grote hoeveelheden wil kleuren. Voor cosmetische producten worden de kleurstoffen doorgaans als poeders of pasta verwerkt;

– Een van de belangrijkste eisen voor kleurstoffen voor levensmiddelen is, dat zij goed *oplosbaar* moeten zijn in water, maar *onoplosbaar* moeten zijn in andere (organische) oplosmiddelen. De oplosbaarheden zijn doorgaans bijzonder hoog (gemiddeld ongeveer $50 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ bij 20°C); indigotine vormt hierop een uitzondering ($5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). Omdat de gebruikconcentraties doorgaans niet hoger zijn dan 0,02 procent van het totaalgewicht, vormt de oplosbaarheid eigenlijk nooit een probleem. Daarbij dient echter wel opgemerkt te worden, dat deze kleurstoffen doorgaans bijzonder stabiele complexen vormen met aluminium-, magnesium- of calciumionen. Het gebruikte proceswater moet daarom zoveel mogelijk ontdaan worden van deze ionen.

De oplosbaarheid van deze complexen is zodanig laag, dat zij als pigmenten voor cosmetica gebruikt worden. Voor cosmetica geldt vaak als eis, dat zij juist onoplosbaar dienen te zijn in water (tear-proof: lippenstift, nagellak,

oogschaduw). Voor cosmetica wordt ook ruimschoots gebruik gemaakt van wateronoplosbare kleurstoffen zoals soedanblauw II, pigmentgroen B of indanthreenblauw (zie fig. 3), die niet te classificeren zijn als complexen van wateroplosbare kleurstoffen.

De kleurstoffen ontleen hun wateroplosbaarheid aan de aanwezigheid van sulfonzure groepen in de molecule. Dit heeft echter als gevolg dat de olieoplosbaarheid gering is. Ondanks de eis dat levensmiddelenkleurstoffen wateroplosbaar moeten zijn, zou het voor bepaalde groepen levensmiddelen zeker zinvol zijn om de beschikking te hebben over olieoplosbare kleurstoffen. Thans is men daartoe aangewezen op natuurlijke kleurstoffen zoals annatto's, saffraan en carotenoïden. De geringe stabiliteit van deze kleurstoffen is echter een belangrijk nadeel, evenals het beperkte kleurenschaal en de hoge prijs;

– De *stabiliteit* (als vrije kleurstof, maar in het bijzonder in aanwezigheid van substraten) is een van de grootste problemen. Het verdwijnen van de kleur geeft het produkt een ander aanzien en de ontstane afbraakprodukten kunnen, vooral in cosmetische produkten grote invloed hebben op de houdbaarheid, de giftigheid en de consistentie van het produkt. De oorzaken kunnen velerlei zijn, maar zijn altijd chemisch van aard. Als voornaamste oorzaken kunnen genoemd worden: reductie (chemisch, fotochemisch of enzymatisch), oxydatie (voornamelijk enzymatisch) en complexvorming (metaalionen, ascorbinezuur, citroenzuur, enz.). Vooral de enzymatische afbraak draagt sterk bij aan de afbraak van kleurstoffen en men voegt dan ook vaak enig natrium(water-

stof)sulfaat aan levensmiddelen toe om eventueel aanwezige enzymen te desactiveren. Deze toevoeging varieert van 10 ppm (parts per million) voor jams tot 500 ppm voor gedroogde vruchten. Ook keukenzout heeft, overigens om onbekende redenen, deze werking.

Direct gerelateerd aan de stabiliteit is de echtheid van deze kleurstoffen. Daartoe heeft men een schaal opgesteld voor de echtheid, lopende van 1 (zeer instabiel) tot 5 (zeer stabiel) voor niet-fotochemische processen en een tweede schaal lopende van 1 tot 8 voor fotochemische processen. De stabiliteit is overigens

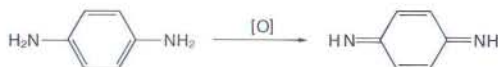
baar is. Toch heeft de deeltjesgrootte, maar zeker ook de verdeling ervan, grote invloed op de stabiliteit van kleurstofpigmenten;

– *Briljantheid*. Een briljante kleurstof heeft een scherp absorptiemaximum, met een geringe bandbreedte (de bandbreedte wordt gedefinieerd als de breedte van het absorptiemaximum op halve hoogte bij een absorptie van 1). De kleurstof wordt dan als bijzonder contrastrijk ervaren, een 'sprekende' kleur. Het verschil in briljantheid komt vooral zeer sterk tot uiting bij patentblauw en indigotine (zie fig. 1). Het absorptiemaximum van indigotine is



een zeer subjectief gegeven. Van fabrikant tot fabrikant en van batch tot batch kunnen verschillen optreden.

Het is opvallend, dat de echtheden van de verschillende kleurstoffen nogal uiteen lopen. In het algemeen kan gesteld worden dat de echtheid van de oplosbare kleurstoffen aanmerkelijk geringer is dan van de pigmenten. Een groot gedeelte van de moleculen in een pigment bevindt zich niet aan het oppervlak en het deeltje wordt tijdens het verschietsingsproces min of meer 'afgeschild'. Men zou kunnen spreken van 'oppervlakteverversing'. De 'kleur' zal dus langer behouden blijven. De keerzijde daarvan is dat de benodigde hoeveelheid kleurstof aanmerkelijk groter is, omdat een groot gedeelte van de kleurstof niet zicht-

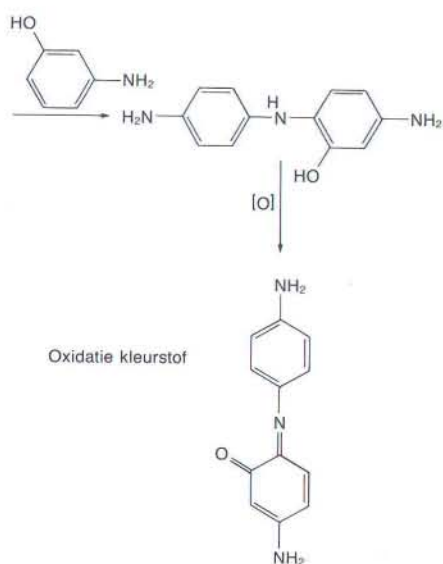
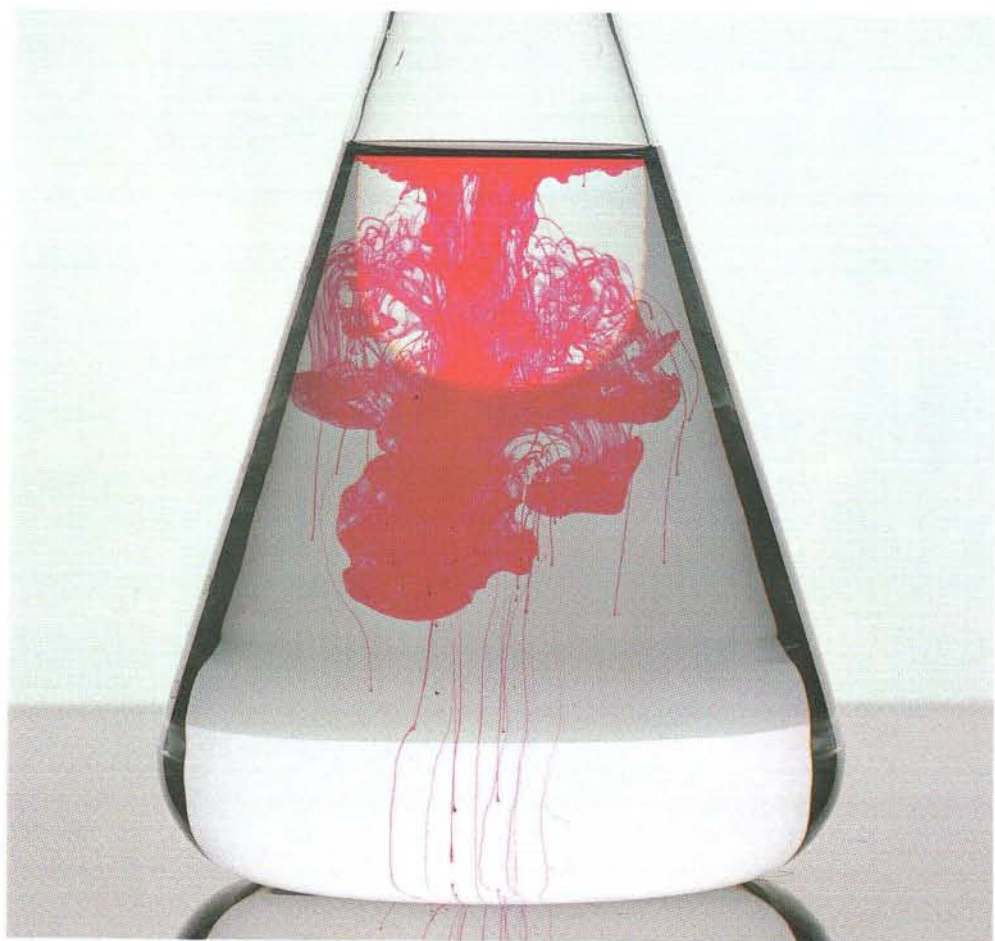


Linksboven: Met uitzondering van de chocoladehoudende producten mogen alle kleurstoffen die in de Warenwet worden genoemd, gebruikt worden in melkproducten zoals vla en toetjes.

Boven: Kleurstoffen kunnen in diverse vormen verwerkt worden, zoals poeders, die een hoog gehalte aan kleurstof bezitten.

Rechts: Fig. 4. De vorming van een haarkleurstof volgens het oxydatieve proces.

Rechtsboven: Niet alleen de oplosbaarheid van levensmiddelkleurstoffen is groot, maar ook de oplosnelheid is hoog. Wanneer de kleurstof in een erlenmeyer met water gebracht wordt, dan ontstaan direct 'wolken' van de opgeloste kleurstof.



aanmerkelijk breder (bandbreedte 79 nm) dan voor patentblauw (bandbreedte 40 nm). Patentblauw is dan ook aanmerkelijk briljanter.

Wanneer in het absorptiespectrum meerdere absorpties in het zichtbare gebied aanwezig zijn, dan gaat dit doorgaans ten koste van de briljantheid. Ook de briljantheid van pigmenten hangt bijzonder sterk af van de deeltjesgrootte en de deeltjesgrootteverdeling; daarbij spelen ook reflecties een zeer belangrijke rol.

Behalve de genoemde produkteisen kunnen nog genoemd worden, dat de kleurstoffen een grote kleurkracht moeten hebben en dat de kostprijs (relatief) laag moet zijn (deze twee laatste eisen hangen natuurlijk ten nauwste met elkaar samen).

Hoe komt een kleurstof aan zijn kleur?

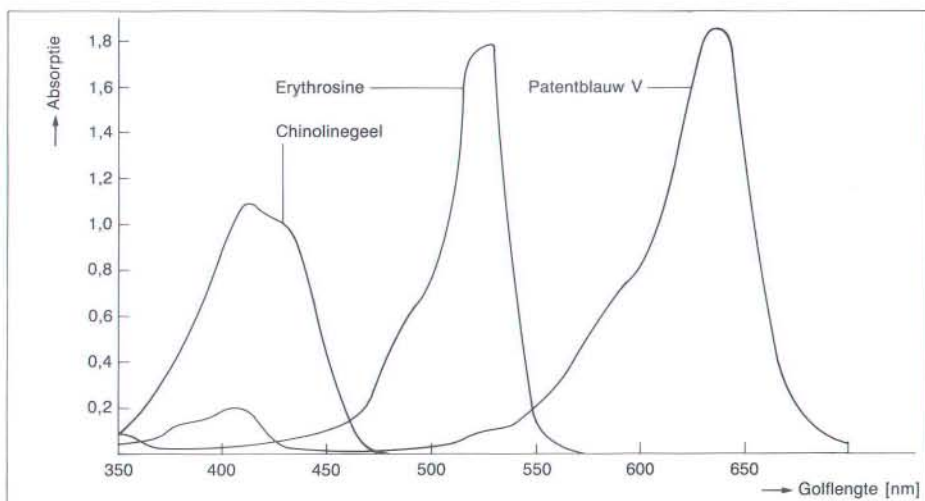
In organische kleurstoffen zijn twee bindingsvormen tussen de atomen te onderscheiden, te weten de enkelvoudige en de meervoudige bindingen. Een enkelvoudige binding wordt gevormd door de zogenaamde σ -elektronen, die gelokaliseerd zijn op de as tussen de atomen. Een meervoudige binding bevat naast de σ -elektronen ook nog π -elektronen, die eveneens tot de binding bijdragen. Bovendien worden ook nog n -elektronen onderscheiden, welke gelokaliseerd zijn op een van de atomen, maar die geen invloed hebben op de directe binding.

De chemische structuur wordt voor een groot deel gevormd door afwisselend enkelvoudige en dubbele bindingen (geconjugeerde dubbele bindingen). De π -elektronen van de dubbele bindingen zijn nu 'uitgesmeerd' over het hele systeem van enkelvoudige en dubbele bindingen (vgl. met de benzeenring).

De elektronen in een chemische binding kunnen in verschillende energietoestanden verkeren. De elektronen bevinden zich normaal in de toestand waarin zij de laagste energie hebben: de grondtoestand. Door opname van energie kunnen de elektronen in een hogere energietoestand komen. De energie die hiervoor nodig is (de zgn. excitatie-energie), is karakteristiek voor een bepaalde bindingsvorm. Het toevoeren van minder dan de excitatie-energie kan de elektronen niet uit de grondtoestand brengen, terwijl het toevoe-

ren van iets meer dan de excitatie-energie de elektronen niet verder brengt dan de eerstvolgende energietoestand. De excitatie-energie kan dus slechts zeer concrete waarden aannemen (kwantisatie). De elektronen kunnen slechts korte tijd in een hogere energietoestand verblijven. Zij zullen weer terugvallen naar de grondtoestand, waarbij de vrijkomende energie afgevoerd wordt in de vorm van straling (fluorescentie of fosforescentie) of warmte.

De energie die gebruikt kan worden om de elektronen in een nieuwe energietoestand te brengen, kan worden toegevoerd (gedoseerd) in de vorm van straling (licht). Licht heeft een energie-inhoud, die omgekeerd evenredig is met de gebruikte golflengte (wet van Planck: $E = h \cdot c / \lambda$). Het geconjugeerde elektronensysteem in een kleurstofmolecule heeft een excitatie-energie die overeenkomt met de energie-inhoud van licht uit het zichtbare deel van het spectrum (golflengte 350-750 nm). Omdat de excitatie-energie een zeer bepaalde waarde heeft, zal ook het licht van een golflengte geabsorbeerd worden door de elektronen in het geconjugeerde systeem. De golflengte is afhankelijk van de grootte van het geconjugeerde systeem. Vergroting van het geconjugeerde systeem heeft in het algemeen een verschuiving van de absorptie naar grotere golflengten (naar het 'rood') tot gevolg. In de praktijk blijkt dat niet alleen licht van een bepaalde



concrete golflengte geabsorbeerd wordt, maar dat een absorptieband optreedt (dus absorptie van een bepaald golflengtegebied, bijv. 550-575 nm). Dit komt doordat er meerdere vibratieniveaus aanwezig zijn, waardoor de energieën enigszins variëren. De excitatie-energie komt dan overeen met de golflengte behorende bij het maximum in de absorptieband. Een kleurstof met een relatief smalle absorptieband heeft een zeer zuivere kleur. De kleurstof wordt dan briljant genoemd (zie fig. 1-1).

De absorptie van een kleurstof in oplossing is afhankelijk van het oppervlak van de kleurstofmoleculen, dat zich in de lichtweg bevindt en het aantal kleurstofmoleculen dat zich op deze wijze manifesteert. Deze relatie is vastgelegd in de Wet van Lambert-Beer:

$$A = \epsilon \cdot l \cdot c$$

waarbij ϵ de molaire extinctiecoëfficiënt (dimensie $[\text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}]$), een maat voor de oppervlakte van de molecule dat licht absorbeert), c de concentratie $[\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}]$ en l de weglengte $[\text{m}]$ van het licht door de oplossing is. De absorptie van de kleurstofoplossing is omgekeerd evenredig met de logaritme van de verhouding van de intensiteiten van het opvallende en het doorgelaten licht (de transmissie):

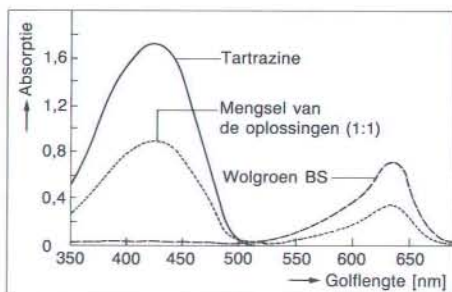
$$A = -\log(I/I_0) = -\log(T)$$

Links: Fig. 1-1. De absorptiespectra van chinolinegeel, erythrosine en patentblauw, opgelost in water. De hoeveelheid kleurstof in de oplossingen is gelijk ($20 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), evenals de afstand welke het licht heeft afgelegd door de oplossing, namelijk 1 cm. De extinctiecoëfficiënten zijn nu te berekenen met behulp van de Wet van Lambert-Beer. Voor chinolinegeel is $A_{\text{max}} 1,06$, $\lambda_{\text{max}} 415$ en $\epsilon_{\text{max}} 0,053 (\text{l} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1})$; voor erythrosine zijn deze resp. 1,78, 525 en 0,089 en voor patentblauw 1,87, 635 en 0,094.

De golflengte, waarbij maximale absorptie plaatsvindt (A_{max}) bepaalt de kleur van de kleurstofoplossing. Een maximale absorptie in het blauwe deel van het zichtbare spectrum (golflengte 400-500 nm) levert een gele kleur, maximale absorptie in het groene deel (500-600 nm) een rode kleur (magenta) en maximale absorptie in het rode deel (600-700 nm) een blauwe kleur (cyaan). Wordt een oplossing van chinolinegeel (blauw-absorptie) en patentblauw (rood-absorptie) gemengd, dan wordt door de verkregen oplossing alleen het groene deel van het zichtbare spectrum doorgelaten en is de oplossing dus groen.

Door menging van twee of meer kleurstoffen wordt een oplossing verkregen, waarbij de absorpties van de afzonderlijke kleurstoffen 'bij elkaar zijn opgeteld'.

Wanneer de kleurstofoplossing een maximale absorptie groter dan twee heeft (de transmissie is dan minder dan 1 procent), spreekt men van een 'optisch dichte' oplossing.



Boven: Fig. 1-2. De samenstelling van een nieuwe kleur uit twee kleurstoffen: tartrazine (piek links) en wolgroen BS (piek rechts). De waargenomen kleur komt ongeveer overeen met het groen van bananenkleur. De middelste curve geeft het mengsel weer.

Dit wordt additieve kleurmenging genoemd. Hiervan wordt gebruik gemaakt om de kleur van een product na te maken (bijv. aardbei, framboos, bes) door menging van verschillende, in dit geval synthetische kleurstoffen, die niet voor de oorspronkelijke kleur verantwoordelijk zijn. Deze bewerking ('color-matching') wordt uitgevoerd met behulp van een computer. Uitgaande van het absorptiespectrum van de synthetische kleurstoffen wordt die combinatie en onderlinge verhouding van de kleurstoffen berekend, waarvan het absorptiespectrum het gewenste spectrum zo dicht mogelijk benadert. Aangezien de absorptie (kleur) afhankelijk is van het medium waarin de kleurstof is opgelost (oplosmiddel, pH, andere opgeloste stoffen), moet bij color-matching met deze factoren rekening gehouden worden.

Erythrosine heeft een scherpe absorptieband en is dus een bijzonder briljante kleurstof. Patentblauw is redelijk briljant, hoewel het een nevenabsorptie heeft in het blauwe deel van het spectrum. Chinolinegeel daarentegen heeft een zeer brede absorptieband, waarin men zelfs twee absorptiemaxima kan onderscheiden, dus een mengsel van twee kleurstoffen. In de praktijk is chinolinegeel ook een mengsel van di- en tri-gesulfoneerde kleurstoffen.

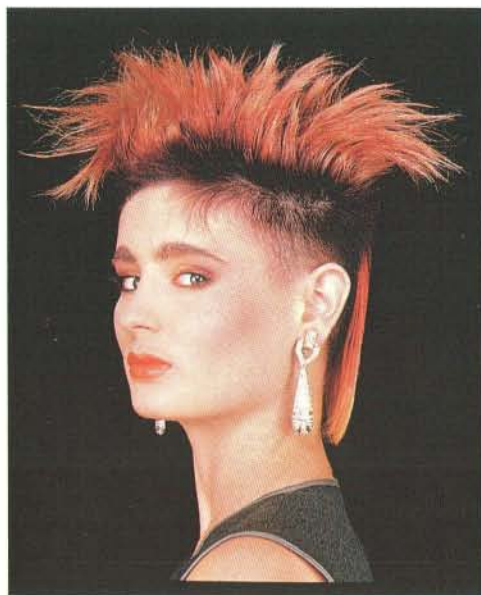
Haarkleurstoffen

Haarkleurstoffen nemen binnen de cosmetische kleurstoffen een bijzondere positie in. In tegenstelling tot de andere kleurstoffen, die als kant-en-klare kleurstoffen worden toegevoegd, worden deze tijdens verwerking door de gebruiker ter plaatse gemaakt. Daarbij worden aromaten als p-fenyleendiamine of p-hydroxyaniline (zie fig. 4) geoxydeerd met waterstofperoxide tot een reactief intermediair, dat met een geschikte kleurvormer kan koppelen (waarbij het uitgangsprодукт (= haar) desgewenst ook als kleurvormer gebruikt kan worden).

Niet alleen vervullen de eigenschappen van de componenten een produktbepalende rol, maar vooral ook de concentraties waarin zij voorkomen en de aanwezigheid van hulpstoffen als glansmiddelen, verstevigers, harsen. Door gebruik van eenzelfde component kunnen diverse kleurschakeringen verkregen worden (zie tabel 2). Door gebruik van verschillende componenten te zamen kan het aantal kleurgradaties nog weer aanmerkelijk opgevoerd worden.

De oxydatieve kleurstoffen, ook wel permanente of shampoobestendige kleurstoffen genoemd, hebben een aantal belangrijke nadelen. Op de eerste plaats zijn deze kleurstoffen sterk hydrolyse-gevoelig en gevoelig voor reducerende reagentia. Dit betekent dat deze kleurstoffen niet bijzonder stabiel zijn. Op de tweede plaats is een belangrijk nadeel dat de laagmoleculaire anilines en polyhydroxyaromaten giftig zijn (bloedgiften).

Er vindt derhalve op de marktpositie een verschuiving plaats naar de zogenaamde kleurshampoo's en komt het gebruik van natuurlijke kleurstoffen weer meer in de belangstelling (semi-permanente haarkleuren).



Boven: Haarkleurstoffen kunnen in elke gewenste tint verkregen worden met behulp van oxydatiekleurstoffen. Toch wordt er meer en meer gebruik gemaakt van kleur-

Polymere kleurstoffen

Het ontwikkelen van nieuwe kleurstoffen voor deze tak van industrie is, zoals al gezegd, meestal een bijzonder kapitaalintensieve operatie. Slechts onder zeer bijzondere omstandigheden zal men daartoe overgaan. Toch is er op het gebied van de levensmiddelkleurstoffen een bijzonder spectaculaire trend waar te nemen, namelijk polymere kleurstoffen. Deze blijken niet alleen als levensmiddelkleurstoffen toegepast te kunnen worden, maar ook voor talrijke andere doeleinden zoals haar-

TABEL 2. Kleurschakeringen van haar bij gebruik van p-fenyleendiamine.

Chemicaliën	Blond	Bruin	Zwart
p-fenyleendiamine	10 g	20 g	30 g
Glycerol	50 ml	50 ml	50 ml
Water	1000 ml	1000 ml	1000 ml



shampoo's, waarbij de kleurstof reeds in kant-en-klare vorm gedoseerd wordt. In dit kapsel is de kleurstof rechtstreeks ingebracht.

Boven: Na fabricage moeten kleurstoffen ondermeer worden gefiltreerd en gewassen. Daarna worden de brokstukken kleurstof (hier sunset yellow) in een droogkast gebracht.

verven, drukinkten, fotografische toepassingen, bulk-kleuring van papier, enz.

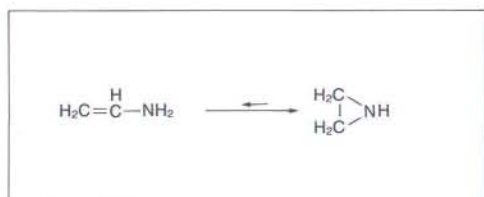
Deze groep van kleurstoffen, die ontwikkeld werd door Dawson bij het Amerikaanse bedrijf Dynapol moest aan een bijzondere eis voldoen: men zocht naar kleurstoffen, die niet in de bloedbaan opgenomen konden worden. Dit heeft als belangrijke voordeel dat de kleurstoffen niet in de lever en de nieren kunnen komen om daar schade aan zouden kunnen richten aan het organisme. Deze kleurstoffen mogen dan ook niet in het maagdar kanaal afbreekbaar zijn, waarbij fragmenten zouden kunnen ontstaan, die wel transportabel zijn. Overigens zou een gelijkkluidende benadering kunnen gelden voor smaakstoffen en zoetstoffen.

De keuze van de polymere drager is uiteraard beperkt tot die polymeren, die wateroplosbaar zijn. Polyamiden, waaronder ook gelatine, bleken nauwelijks te voldoen en polyacrylamide kwam vanwege zijn giftige eigenschappen eveneens niet in aanmerking. Tijdens het onderzoek bleek dat een tot dan toe nauwelijks onderzocht polymeer aan de gestel-

de eigenschappen voldeed: polyvinylamine. Dit polymeer lost goed in water op, is nauwelijks afbreekbaar en bezit vrije amino-groepen waardoor het polymeer gederivatiseerd kan worden met kleurstofmoleculen.

Het polymeer was echter commercieel nauwelijks beschikbaar. Gezien de superieure eigenschappen loonde het de moeite om een goede synthese te ontwikkelen. Het bleek tevens mogelijk copolymeren van vinylamine en vinylsulfonzuur te maken, waarmee de wateroplosbaarheid van het polymeer nog weer aanmerkelijk vergroot werd. Vinylamine is echter niet stabiel en isomeriseert direct tot aziridine (aza-cyclopropaan, zie fig. 5). Een aantal syntheseroutes van het polymeer was bekend; een van deze routes verliep via een Hofmann-afbraak van polyacrylamide en een tweede route verliep via polymerisatie van N-ethenylftaalimide, gevolgd door hydrolyse van het eindprodukt (zie fig. 6). Deze routes leverden echter allemaal verschillende eindprodukten op en waren niet zodanig te modificeren, dat zij economisch gezien realiseerbaar zouden zijn.

Onder: Fig. 5. De isomerisatie van vinylamine tot azaridine (aza-cyclopropan).

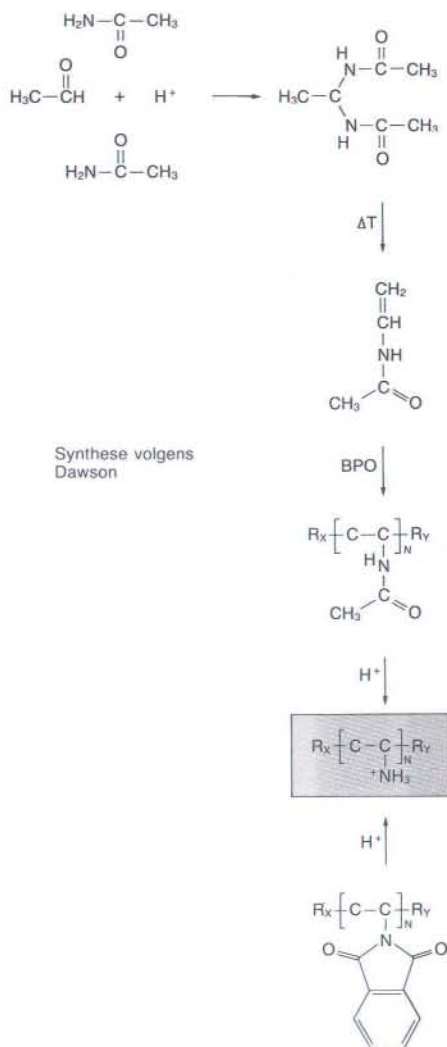


Rechts: Fig. 6. De syntheseroutes van polyvinylamine volgens Dawson en volgens Blois van Treslong.

Er moest dus een nieuwe route ontwikkeld worden. De polymerisatie van N-vinylaceetamide bleek goed te voldoen, gevolgd door hydrolyse (zie fig. 6). Het monomeer is op technische schaal redelijk eenvoudig te bereiden en het is ook goed mogelijk om een copolymerisatie met vinylsulfonzuur uit te voeren.

Voor toepassing als levensmiddelenkleurstof werd een groot aantal chromofore systemen getest zoals nitroanilinen, triarylmethanen, ftalocyanines, benzanthronen, azo's, naftalimides, maar de meeste kleurstoffen bleken wegens de geringe stabiliteit niet bruikbaar. Kleurstoffen die wel bleken te voldoen, waren vooral de nitroanilinen (resultierend in doorgaans gele en geelrode kleurstoffen) en de anthrachinonen (zie fig. 7) en anthrapyridonen (resultierend in rode en blauwe kleurstoffen). Het is uiterst opmerkelijk dat het mogelijk bleek om bijzonder onoplosbare kleurstoffen zoals nitroanilinen en anthrachinonen oplosbaar te maken waarbij effectief gebruik gemaakt kan worden van de bijzonder grote stabiliteit van deze kleurstoffen.

De voordelen blijven overigens niet uitsluitend beperkt tot de verminderde toxiciteit en de verhoogde wateroplosbaarheid. De briljantheid van bijvoorbeeld de anthrapyridonen wordt zeer sterk verminderd door invoering van sulfonzure groepen in de molecule (hetgeen overigens een algemene eigenschap is voor kleurstoffen). Door de sulfonzure (= wateroplosbaar makende) groepen via vinylsulfonzuur in te bouwen bleek het mogelijk de briljantheid weer aanmerkelijk te vergroten. Andere belangrijke voordelen zijn de lage diffusiesnelheid, de zeer geringe oppervlakteactiviteit en de afwezigheid van fluorescentie.



Synthese volgens Dawson

De moleculemassa van deze polymere kleurstoffen varieert van 40000 tot 160000.

De kostprijs is nog relatief hoog \$ 1,50 tot 6 dollar per gram en wordt voornamelijk bepaald door de prijs van polyvinylamine (of het copolymeer). Men verwacht dat de kostprijs verder zal dalen wanneer de toepassingen verder ontwikkeld worden. Vergeleken met de kostprijzen van levensmiddelenkleurstoffen (15 tot 70 dollar per kg) zijn zij thans nog nauwelijks concurrerend te noemen. Desondanks zijn de verwachtingen voor polymere kleurstoffen bijzonder hoog gespannen.

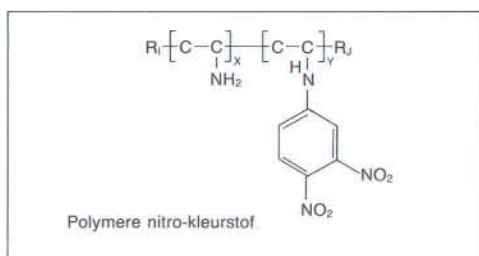
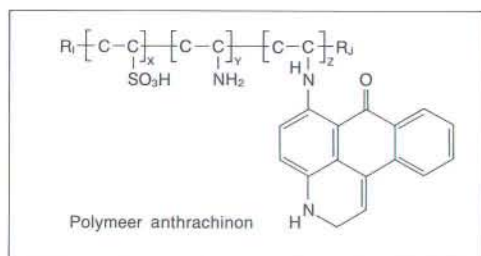


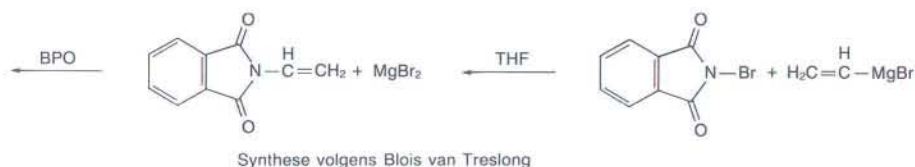
Fig. 7. Van polymere kleurstoffen, zoals deze thans commercieel beschikbaar zijn, zijn veel nitro- en benzanthron-

kleurstoffen. Deze voldoen aan bijzondere stabiliteits-eisen.

Economische aspecten

Voor levensmiddelen en cosmetica is kleur zeer nadrukkelijk een produktspecificatie. Hoewel daarover geen exacte cijfers beschikbaar zijn, wordt geschat dat in Nederland per jaar circa 200000 kg kleurstoffen in levensmiddelen verwerkt worden, met een intrinsieke waarde van 8 miljoen dollar. Voor cosmetica zijn deze cijfers niet beschikbaar, maar deze zullen nog aanmerkelijk hoger zijn. Van de synthetische levensmiddelkleurstoffen

zijn tartrazine, zonnegeel FCF en amaranth (zie fig. 1) verreweg de meest gebruikte, hoewel het verbruik van caramels als halfsynthetisch produkt (verkregen door oxydatie van suikers) bepaald groter zal zijn. De invloed van kleurstoffen op de prijs van levensmiddelen is overigens gering en bedraagt doorgaans minder dan 2 procent van de produktkosten (inclusief de procesvoering). Ondanks een dergelijk geringe directe marktinfluens, is de indirecte respons op het gebruik van kleurstoffen bijzonder groot.

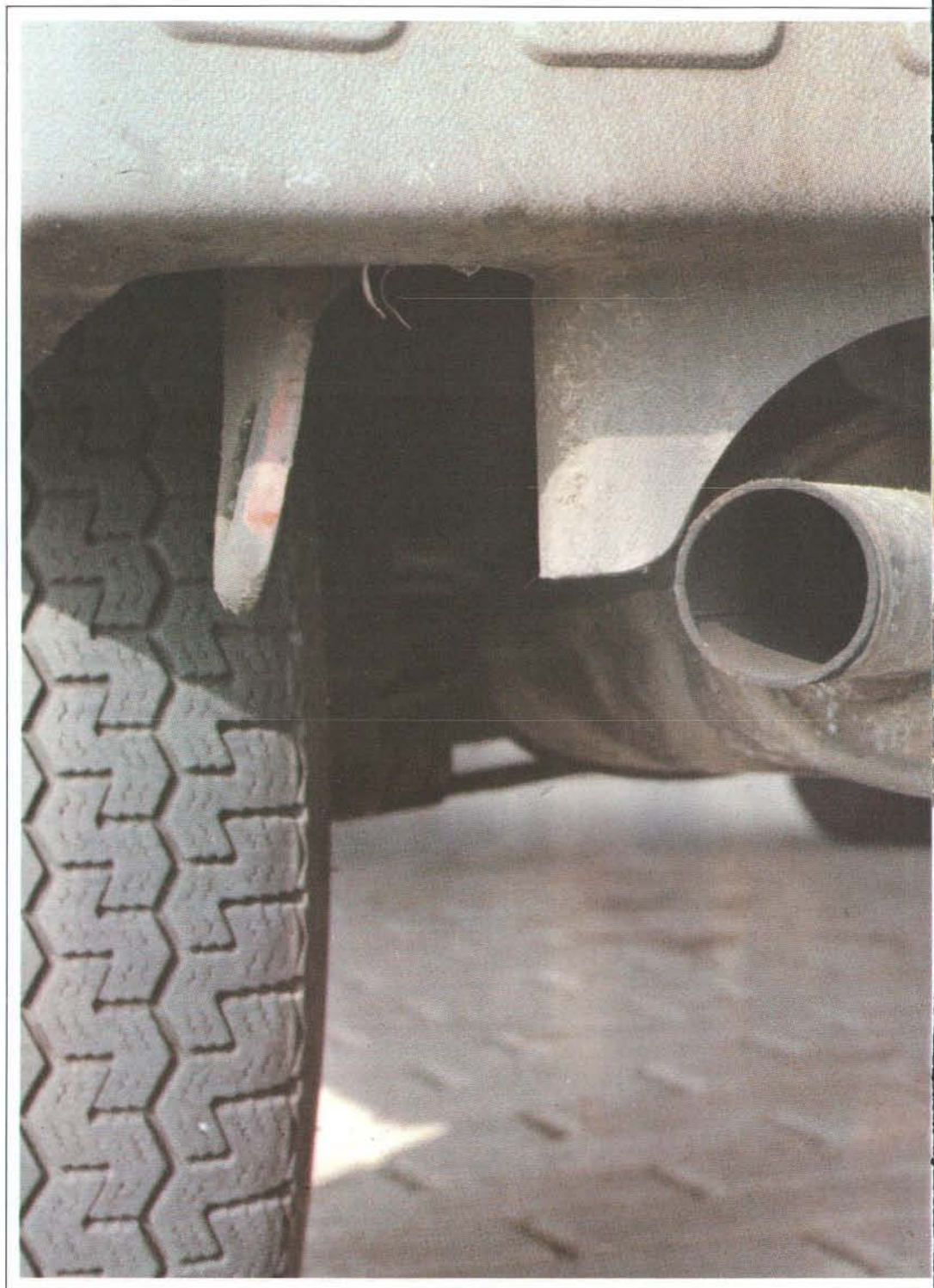


Literatuur

- Bleys, H.T.M., (1980). *Nederlandse Staatswetten 99-I. Warenwetgeving, Warenwet, Wet op de Voedingsraad*. Tjeenk Willink, Zwolle.
- Staarink, T., Hakkenbrak, P., (1981). *Het Additievenboekje*. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Marmion, D.M., (1979). *Handbook of U.S. Colorants for Foods, Drugs and Cosmetics*. Wiley Interscience, New York.
- Massart, D.L., Deelstra, H., Hoogewijs, G., (1980). *Vreemde stoffen in onze voeding. Soorten-effecten-normen*. Nederlandse boekhandel, Antwerpen/Amsterdam. ISBN 90 28905 10 3
- Rosival, L., Engst, R., Szolokaj, A., (1978). *Fremd- und Zusatzstoffe in Lebensmittel*. VFB Fachbuchverlag, Leipzig.

Bronvermelding illustraties

- Paul Mellaart, Maastricht: pag. 434-435.
- Th. Mooy en M. Zuiderduin, Delft: pag 434 links, 439 boven.
- General Cosmetics, Alkmaar: pag. 434 rechts.
- Encyclopedie van Diderot en d'Alembert: pag. 437.
- Koninklijk Instituut voor de Tropen, Amsterdam: pag. 438.
- Coöperatieve Stremsel- en Kleurstofffabriek W.A., Leeuwarden: pag. 439 onder.
- Nederlandse Bond tot Bestrijding van de Vivisectie, Den Haag: 443 rechts.
- Domo, Groningen: pag. 446 links.
- Paul Mellaart, Maastricht / Ciba Geigy, Arnhem: pag 446 rechts, 447.
- Vidal Sassoon, Londen: pag. 450.
- BV Nederlandse Kleurstofindustrie, Amersfoort: pag. 451.



LOOD IN BENZINE

Kan schade nuttig zijn?

De helft van het lood dat door menselijk toedoen in de atmosfeer terecht komt, is voor rekening van de benzine. In industriesteden is dat zelfs negentig procent. Er is in ieder geval een verband tussen lood uit benzine en lood in ons bloed. Er is echter nog maar weinig bekend over de effecten van dergelijke lage doses (wel van hoge).

Zowat overal is intussen, vaak onder zware druk van de consumenten, een wetgeving tot stand gekomen die de benzineproducenten verplicht het loodgehalte van de benzine geleidelijk aan te verlagen. Dat zal echter het energie- en benzineverbruik en de globale milieuvervuiling doen stijgen, wat evenmin wenselijk is. Elke nieuwe norm vergt ook aanzienlijke investeringen van de industrie, die daarom nood heeft aan een eenduidige – en consequente – norm. Met onvolledige gegevens zal Europa toch een keuze moeten maken met maximaal nut en minimale schade.

E. Caplun
Brussel

D. Petit
Université Notre-Dame de la Paix
Namen

E. Picciotto
Université Libre de Bruxelles
Brussel

De grote zondebok?

Is het lood in de benzine de grote zondebok geworden waarop de verontreiniging in de geïndustrialiseerde landen kan worden afgewenteld? Na de Verenigde Staten en Japan is thans Europa het toneel aan het worden van felle campagnes die voornamelijk gericht zijn tegen de lood-alkylverbindingen die als antiklop middel aan benzine worden toegevoegd.

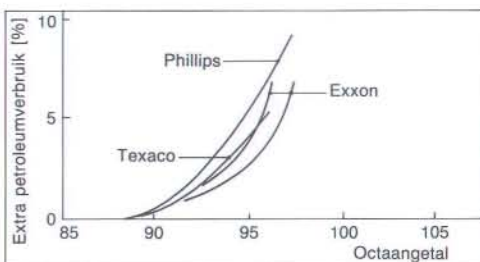
Lood vormt een van de meest verbreide verontreinigende stoffen. Op wereldschaal bedragen de jaarlijkse loodemissies door de mens naar schatting 3-100 maal de jaarlijkse emissies van natuurlijke oorsprong (zie de illustratie op pag. 458-459). De lood-alkylverbindingen maken alleen al de helft uit van de hoeveelheid lood die door menselijk toedoen in het milieu belandt, en besmetten de lucht en waarschijnlijk ook het voedsel. Maar zij zijn niet de enige: loden waterleidingbuizen, loodhoudende verf en verschillende industrieën vormen eveneens bronnen van verontreiniging, op sommige plaatsen zelfs de belangrijkste.

De discussie, die door duizenden artikelen wordt gevoed, draait al meer dan tien jaar om fundamentele vragen waarop allemaal even bekwame deskundigen de meest uiteenlopende antwoorden geven. Bijvoorbeeld: in welke mate draagt het lood uit de benzine bij tot de loodbelasting van het lichaam? Leveren de besmettingsniveaus waaraan de bevolking is blootgesteld, gevaar op voor de gezondheid? Zijn zij mogelijk de oorzaak van achterstand in de psychische ontwikkeling of van gedragsstoornissen bij kinderen? Het debat is ook emotioneel geladen: de risicogroepen zijn juist kinderen en zwangere vrouwen.

Daar staat echter tegenover dat de economische en technische consequenties van een eventuele reglementering van lood-alkylverbindingen niet mogen worden verwaarloosd. Deze additieven vormen een relatief goedkoop middel om het rendement van benzinevoertuigen te verhogen. Het gebruik ervan terugdringen of verbieden heeft uiteindelijk zijn terugslag op het aardolieverbruik (zie fig. 1). Wat zijn dus de voornaamste argumenten die in deze controverse over en weer worden aangevoerd? Op welke gegevens baseren zich de wettelijke maatregelen en voorschriften die in de belangrijkste industrielanden reeds zijn uitgevaardigd of op til zijn?

Lood

Lood is een van de zwaarste metalen die men kent. Het heeft vier stabiele isotopen met massa 204, 206, 207 en 208, en bezit voorts een aantal radioactieve isotopen, hetzij natuurlijke zoals het Pb-210, hetzij kunstmatige zoals het Pb-203, die als 'tracers' een belangrijke rol spelen bij het onderzoek naar de loodkringloop in het milieu of ons organisme.



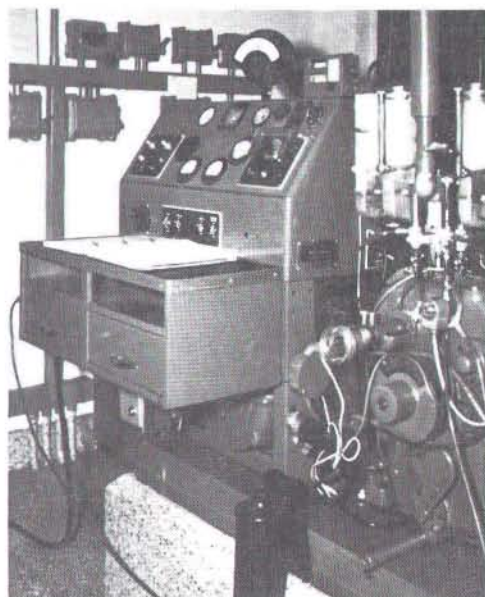
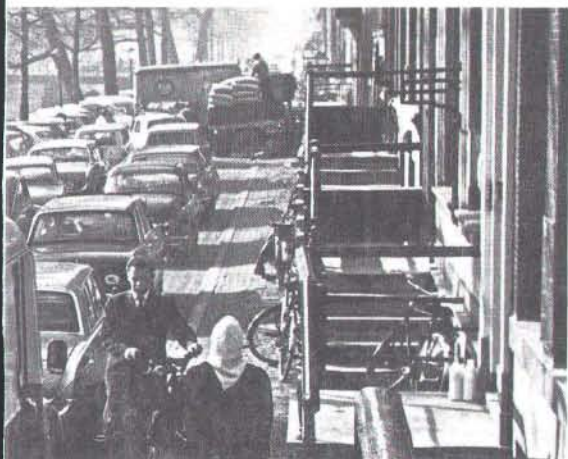
Boven: Fig. 1. Schattingen van enkele oliemaatschappijen over het extra energie- (en dus olie-)verbruik als benzine met een hoog octaangetal geproduceerd wordt.

Rechtsboven: Munitie is normaal niet recyclebaar. Na de recente overstrooming van de de Maas vond de Maas-trichtse schutterij in haar omgewoelde oefenveld naast de rivier talloze kogels terug, soms meer dan 30 jaar oud.

Rechts: Octaangetallen worden bepaald op deze gestandaardiseerde éencilindermotor, een zgn. comparator. Benzine heeft een bepaald octaangetal als de motor hetzelfde loopt als met een mengsel van n-heptaan en iso-octaan (2,2,4-trimethylpentaan). Het percentage iso-octaan is meteen het octaangetal.

Lood, dat gemakkelijk te winnen en te bewerken is, was een van de eerste door de mens gebruikte metalen. Dank zij de ontdekking van het cupellieren, 3000 jaar v. Chr., kon het zilver van het lood waarmee het in zilverhoudende lagen vermengd was, worden gescheiden. Ten tijde van het Romeinse Rijk zouden de Romeinen zo'n 60000 ton lood per jaar hebben geproduceerd, twee procent van de huidige wereldproductie. Waterleidingen

en -tanks, daken en keukengerei vormden de belangrijkste toepassingen voor dit lood. Met de val van het Romeinse Rijk liep de loodproductie terug; pas met de industriële revolutie bereikte zij weer een vergelijkbaar niveau. In 1981 werd de wereldproductie geraamd op 3 miljoen ton en de aangetoonde reserves op ongeveer 165 miljoen ton. De belangrijkste producenten zijn de Verenigde Staten, de Sowjetunie, Canada, Australië, Mexico en Peru.



Voor een goed motorrendement

De toepassingen van lood zijn tweërlei: die waarbij recycleren wel mogelijk is (bijv. accu's) en die waarbij recycleren niet mogelijk is (bijv. verf, munitie, antiklop middel). Klopwerende additieven maken tegenwoordig slechts 6 à 7 procent uit van het totale verbruik aan geraffineerd lood (de socialistische landen niet meegerekend). In 1980 was daarmee 166000 ton lood gemoeid.

Waarom worden deze additieven toegepast? Het *rendement* van een benzinemotor hangt ten dele af van de compressieverhouding van het lucht-benzinemengsel (zie tabel 1). Aan een hoge compressieverhouding kleefte echter het bezwaar dat de motor gaat *pingelen* of *kloppen*, een verschijnsel dat zich voordoet wanneer het lucht-benzinemengsel sterk wordt samengeperst en verhit, zodat spontaan zelfontbranding optreedt en een voortijdige explo-

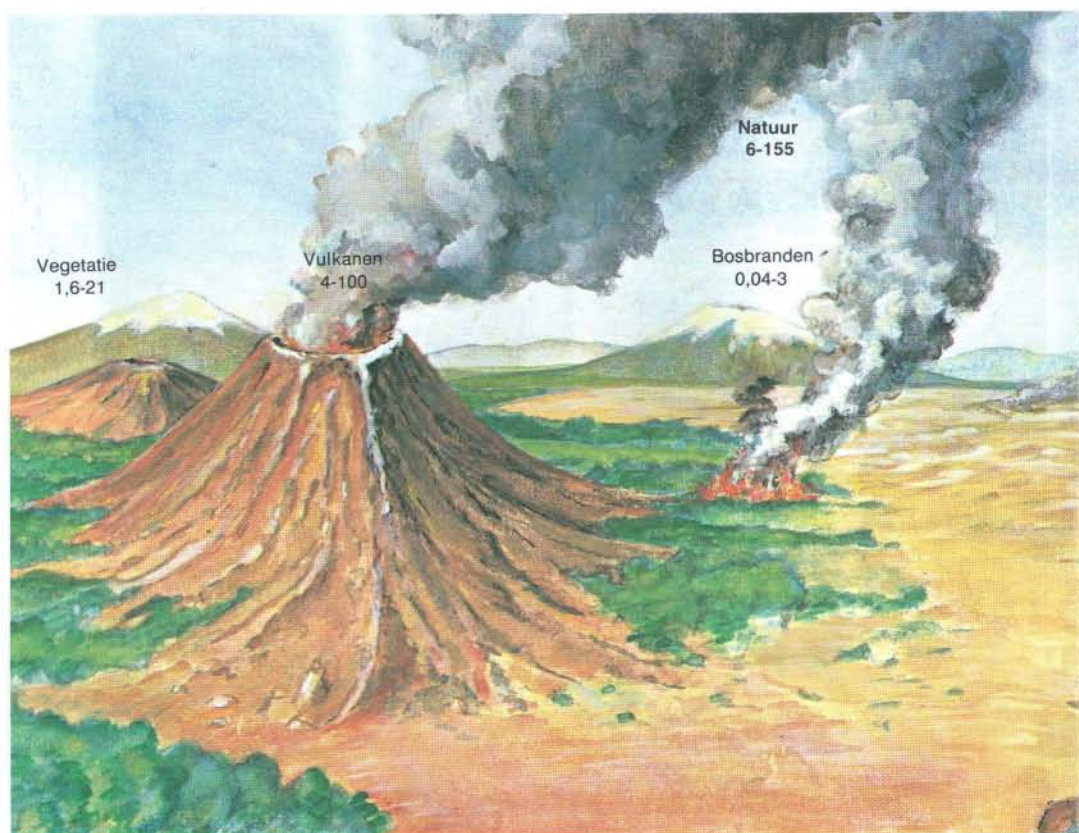
TABEL 1. Benzineverbruik en compressieverhouding.

Auto	Compressie- verhouding	Verbruik l per 100 km	Benzinewinst procent
Metro 988 cc			
HLE	10,3	5,80	12,8
LC	8,3	6,54	—
Golf 1093 cc			
E	9,7	6,47	23,9
C	8,0	8,07	—
Polo 1093 cc			
E	9,7	6,10	24,6
CL	8,0	7,60	—

Onder: Het in de atmosfeer gebrachte lood, in duizend ton per jaar. De mens overtreft de natuur overduidelijk. De helft van wat hij emitteert, komt voor rekening van het autoverkeer.

sie plaatsvindt, wat schadelijk is voor de motor. De weerstand van de benzine tegen dit pingelen, de klopvastheid, wordt uitgedrukt in het *octaangetal*, dat in een reeks gestandaardiseerde tests wordt bepaald. Hoe hoger de compressieverhouding van de motor, des te hoger het octaangetal moet zijn: 98 voor een compressieverhouding van 9,5:1 en 92 voor een compressieverhouding van 8:1.

Het octaangetal kan gemakkelijk en goedkoop worden verhoogd door aan de benzine een stof toe te voegen die het kloppen vertraagt of onderdrukt. Het meest gebruikte additief is TEL of tetraethyllood, $Pb(C_2H_5)_4$. Doorgaans wordt het aan de benzine toegevoegd in combinatie met andere lood-alkylverbindingen en met chloorbroomalkanen (zie fig. 3), die de vorming van loodafzettingen op de wanden van de verbrandingskamer, de bougies en de kleppen tegengaan door met lood vluchtige verbindingen aan te gaan. Het door



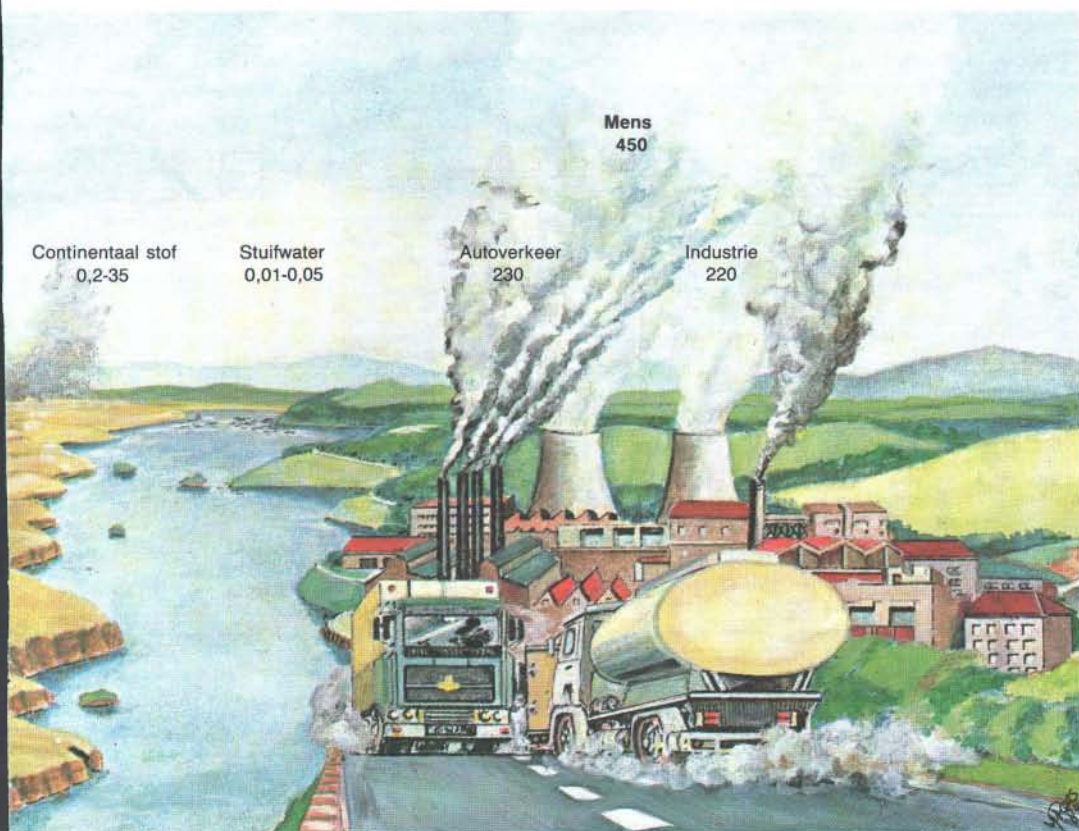
de verbranding van loodhoudende benzine geëmitteerde lood is dus gebonden aan broom en chloor, waardoor het kan worden onderscheiden van lood dat van andere emissiebronnen afkomstig is.

Naast hun klopperend effect, bezitten loodadditieven nog het voordeel dat zij smerend werken op de klepzittingen en deze behoeden voor slijtage. Daar staat echter tegenover dat hun verbrandingsprodukten zich ophopen in de verbrandingskamer en vette bougies veroorzaken. Verder tasten bovengenoemde halogeenvormingen nogal gemakkelijk het uitslaatsysteem aan. Ten slotte verhindert lood vooral de goede werking van de katalysator waarmee Amerikaanse en Japanse auto's sinds 1974 verplicht zijn uitgerust en die ten doel heeft de emissie van stikstofoxiden, koolmonoxide en koolwaterstoffen, waarvan de toxiciteit nu wel genoegzaam bekend is, te beperken (zie de foto op pag. 468).

Lood in het milieu

Van de ongeveer 450000 ton per jaar door menselijke toedoen in de atmosfeer geëmitteerd lood, komt de helft voor rekening van de benzinevoertuigen (zie tabel II). De loodalkylverbindingen in de benzine worden namelijk uitgestoten in anorganische vorm (oxiden, halogeniden...), hoewel men in bepaalde steden met druk verkeer tot 20 procent organische verbindingen heeft aangetroffen. Op de grote weg blijft het geëmitteerde lood grotendeels in de lucht zweven en kan het over zeer grote afstanden worden vervoerd. In de stad daarentegen slaat een groot gedeelte van het lood in de buurt van de emissiepunten neer. Al met al kan worden gezegd dat driekwart van het benzine-lood in de atmosfeer terecht komt.

Zowel in de Verenigde Staten als in de EG zijn de loodconcentraties in de lucht gereguleerd. De Amerikaanse norm bepaalt dat



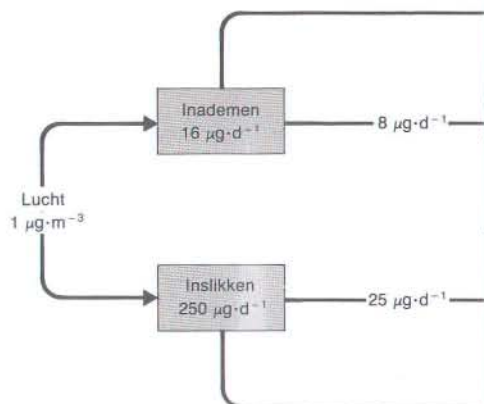
TABEL 2. Lood in de atmosfeer.

Vervuiler	10 ³ ton per jaar
Benzinevoertuigen	230
IJzer- en staalproductie	50
Loodverwerkende industrie	31
Koperverwerkende industrie	27
Zinkverwerkende industrie	16
Verbranding van steenkool	14
Diversen	82
Totaal	450

de gemiddelde driemaandelijke concentratie de $1,5 \mu\text{g Pb}\cdot\text{m}^{-3}$ niet mag overschrijden. De Europese richtlijn, die na zeven jaar discussiëren op 3 december 1982 werd goedgekeurd, houdt een waarde aan van $2 \mu\text{g Pb}\cdot\text{m}^{-3}$, uitgedrukt in een gemiddelde jaarlijkse concentratie. In steden vindt men piekconcentraties tot $10 \mu\text{g Pb}\cdot\text{m}^{-3}$.

Doordat de zwevende looddeeltjes uit de lucht neerslaan, vormt zich een loodafzetting *in de bodem*. Ook de in het milieu geloosde afvalstoffen en bepaalde meststoffen leveren een bijdrage tot deze bodemverontreiniging. De bodem vormt echter een reservoir waarin het lood zich in relatief slecht oplosbare en weinig mobiele vormen ophoopt. In steden en bij emissiebronnen kan de door het lood in de atmosfeer veroorzaakte bodemverontreiniging leiden tot meer dan 1 milligram lood per gram bodem of stof, ook in woningen. In 'zuivere' gebieden is dat 5 à $25 \mu\text{g Pb}\cdot\text{g}^{-1}$.

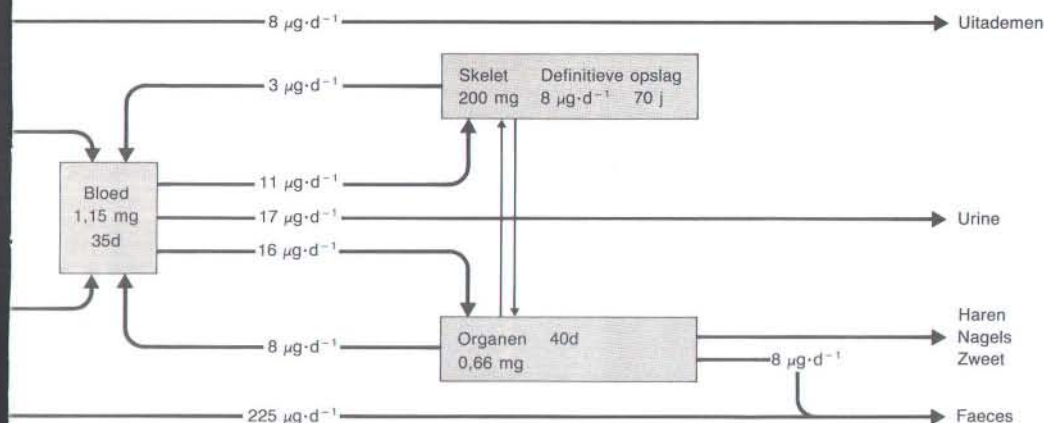
Over het algemeen bevat *drinkwater* weinig lood (minder dan 10 microgram per liter) voordat het in het waterleidingnet terechtkomt. Loden waterleidingbuizen en lasnaden vormen echter belangrijke besmettingsbronnen, des te meer naarmate het water zacht is, d.w.z. weinig kalkzouten bevat. Deze zetten zich normaal gesproken op de waterleidingbuizen af en schermen het lood af. Hoewel $50 \mu\text{g}$ lood per liter de algemeen geldende grenswaarde in de EG is, worden plaatselijk concentraties aangetroffen die 10 tot 100 keer zo veel bedragen. Door dit water te drinken, bestaat er een reële kans op vergiftiging.



Lood in het lichaam

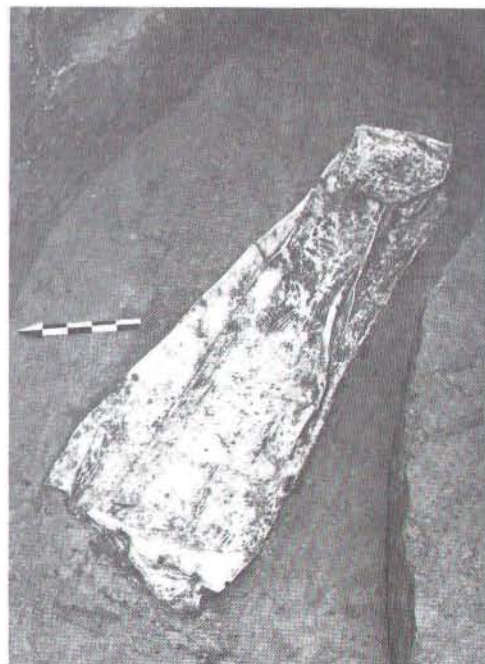
Lood dringt langs twee wegen het menselijk organisme binnen: via de luchtwegen en via het spijsverteringskanaal (zie fig. 2). Opname via de huid is te verwaarlozen, behalve in bepaalde gevallen van directe blootstelling aan organische verbindingen. Wat er met het ingeademde of binnengekegen lood gebeurt wordt nog intensief onderzocht. Niettemin kan dat aan de hand van de resultaten in grote lijnen worden gereconstrueerd, ondanks de nog bestaande twijfels, de meningsverschillen tussen de onderzoekers en de individuele verschillen in de stofwisseling.

In tegenstelling tot andere spoorelementen zoals ijzer, mangaan, jodium, enz., die voor het goed functioneren van het organisme onontbeerlijk zijn, schijnt lood bij geen enkel biologisch mechanisme een rol te spelen. De toxiciteit van lood bij hoge doses is welbekend. De met het werk in de mijnen gepaard gaande symptomen van acute vergiftiging waren reeds in de Oudheid bekend. De risico's voor de bevolking werden daarentegen nauwelijks onderkend, hoewel de Romeinen dagelijks met lood in aanraking kwamen: loden waterleidingen, reservoirs en vaatwerk voor het bewaren en zelfs koken van levensmiddelen. Ook de vruchtafdrijvende eigenschappen van lood waren bij de Romeinen bekend. Sommigen gaan zelfs zo ver het verval van het Romeinse Rijk in verband te brengen met dit buitensporige loodverbruik, met name in de welgestelde klassen.



Boven: Fig. 2. De weg van lood in het lichaam. Uitgegaan wordt van een loodconcentratie in de lucht van $1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Het transport wordt aangegeven in microgram lood per dag. Het lood blijft in bloed, organen en skelet een tijd aanwezig; deze verblijftijd is eveneens aangegeven. Hieruit volgt dat op die plaatsen steeds een loodvoorraad aanwezig zal zijn. Deze is aangegeven in milligram.

Onder: De Romeinen hadden een loodproductie en -verbruik die pas met de industriële revolutie opnieuw bereikt werden. Daar lood een week en goed herwinbaar metaal is, zijn slechts weinig loden voorwerpen van toen overgebleven. Deze loden doods-kist werd in het zuid-westelijk Romeins grafveld van Tongeren gevonden.



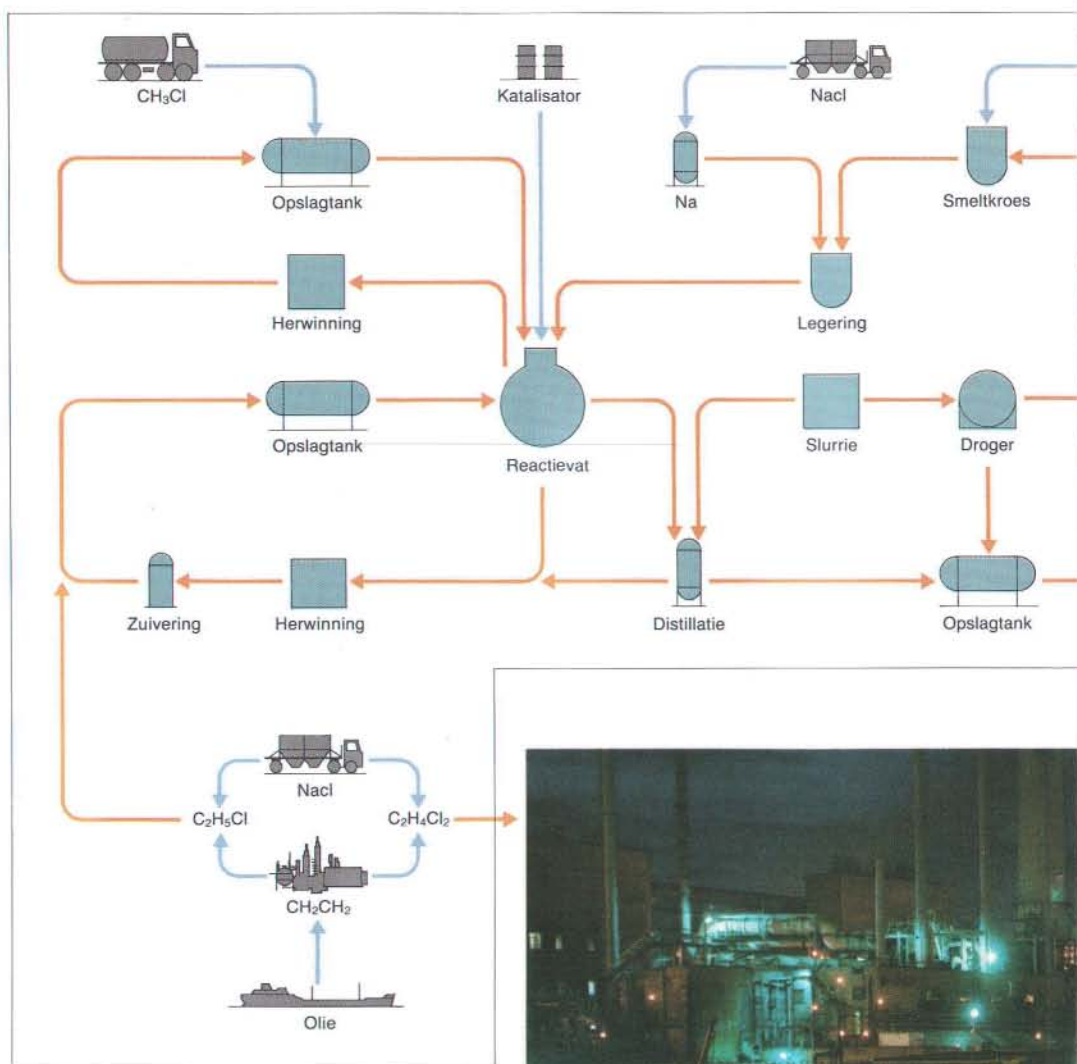
De klinische verschijnselen van acute loodvergiftiging zijn uitvoerig beschreven: uiterst pijnlijke kolieken, polyneuritis, die zich meestal uit in een verlamming van de strekspieren van de pols, en encefalopathie, die gepaard kan gaan met delirium en convulsies. Ze worden dikwijls voorafgegaan door vage klachten zoals hoofdpijn, verminderde eetlust, geheugenverlies, constipatie, braken en bloedarmoede. Extreme gevallen leiden tot een coma en vervolgens tot de dood. Een lagere maar langdurige blootstelling of herhaalde vergiftigingen kunnen leiden tot een verandering van de nierfunctie.

De gevolgen van lage concentraties

Bij geringere blootstellingsniveaus, waarmee de gehele bevolking kan worden geconfronteerd, zijn de betekenis en de ernst van de veranderingen die lood teweegbrengt, zeer omstreken, ondanks het vele epidemiologische en experimentele onderzoek dat is verricht. Loodvergiftiging is het eerst waarneembaar in het bloed en het centrale zenuwstelsel.

Het grootste gedeelte van het lood in het bloed hecht zich aan de rode bloedlichaampjes. Eenmaal in het beenmerg en de milt, waar het bloed wordt aangemaakt, verstoort het de synthese van haem, een belangrijk bestanddeel van hemoglobine.

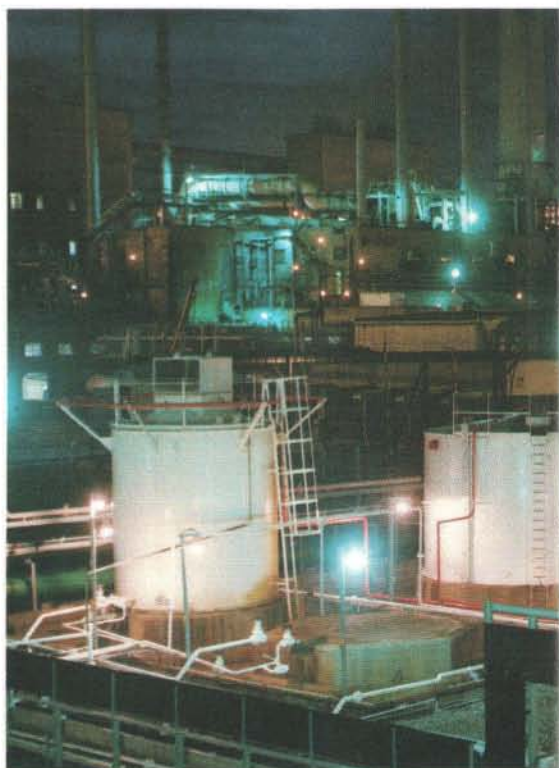
Dat lood bij hoge doses een toxische werking op het centrale zenuwstelsel uitoefent, staat nu wel vast. Maar de vraag wat, met name bij kinderen, de effecten van lood bij con-

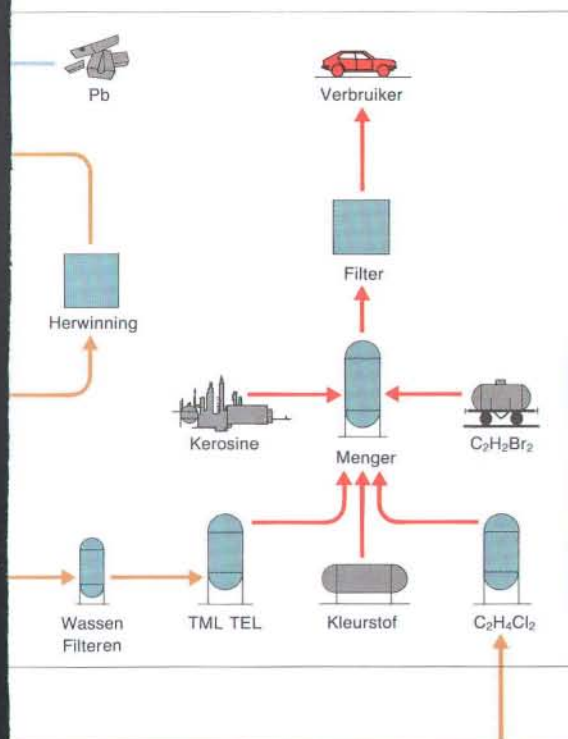


Het Engelse bedrijf Octel, een wereldproducent van antiklop middel. Er wordt zowel tetraethyllood (TEL) als tetramethyllood (TML) geproduceerd, waarvoor resp. zelf geproduceerd $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ of aangevoerd CH_3Cl gebruikt wordt. De grondstoffen staan in blauw, de produktiewegen in geel. Een aantal grondstoffen worden ingebracht in het produktieproces (oranje pijlen), terwijl andere alleen maar met de kerosine gemengd moeten worden (rode pijlen).

concentraties van minder dan $600 \mu\text{g}$ per l bloed zijn, is nog steeds onbeantwoord en is het onderwerp van felle polemieken.

Om daarop een antwoord te vinden is talrijke malen epidemiologisch onderzoek op kinderpopulaties verricht, hoofdzakelijk geba-

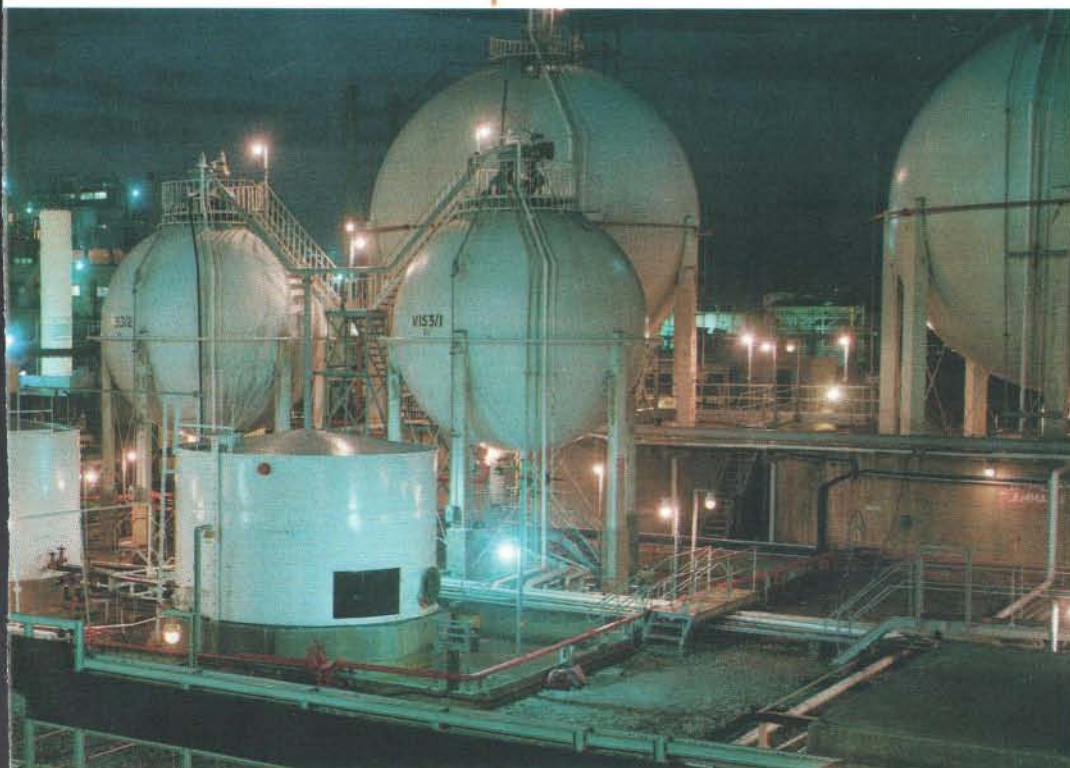




seerd op psychologische tests of gedragsonderzoek. De meeste resultaten maken melding van een *intelligentiequotiënt* dat 1 tot 10 punten lager ligt (uitgaande van een gemiddeld IQ van 100). Andere waargenomen symptomen zijn een verminderd concentratievermogen en hyperactiviteit, een vaag en moeilijk meetbaar begrip waartoe verschillende ongecontroleerde gedragingen gerekend worden die bij de groep negatief overkomen.

Het oorzakelijk verband tussen lood en een lager IQ is fel bekritiseerd. Tegen het intelligentiequotiënt is wel eens aangevoerd dat het slechts meet of een kind zich aan het schoolstelsel heeft aangepast en of het tot een bepaalde sociaal-economische groep behoort. Bovendien kan de blootstelling aan lood zelf worden beschouwd als een sociaal-economische indicator, aangezien zij in een misdeeld milieu dikwijls groter is.

Bij geringe doses kan lood mogelijk ook nog andere effecten teweegbrengen, zoals *mutagene*: in kweken van lymfocyten uit het bloed



van aan lood blootgestelde werknemers werden vaker dan normaal chromosoomafwijkingen geconstateerd. Deze resultaten zijn echter omstreden; hun biologische betekenis blijft onduidelijk. Zij zijn bovendien des te moeilijker te interpreteren omdat de onderzochte werknemers voor het merendeel ook aan cadmium en zink waren blootgesteld.

Hoewel voorts lijkt vast te staan dat lood bij hoge doses de geslachtsklieren kan verstoren en tot miskramen kan leiden, valt over de effecten van geringe doses lood in dit verband niets met zekerheid te zeggen. Omdat lood, althans na de twaalfde week van de zwangerschap, door de placenta heen dringt, is een eventuele schadelijke werking ervan, zelfs bij geringe doses, op de ontwikkeling van het zenuwstelsel van de foetus niet uitgesloten.

Epidemiologisch onderzoek heeft ook een verband gelegd tussen lood en hoge bloeddruk. Van teratogene of carcinogene effecten schijnt echter, althans bij de mens, geen sprake te zijn.

Lood in het bloed

De hoeveelheid lood in het bloed, het zgn. bloedloodgehalte, is meetbaar. Of er een absolute toxiciteitsdrempel voor lood bestaat, is nog steeds omstreden. Bovendien is het bloedloodgehalte slechts een indicator voor de recente blootstelling van een individu. Over het



Boven: Om het verband tussen bloedloodgehalte en lood-emissies te kunnen bestuderen, moeten uiteraard ook die emissies nauwkeurig bekend zijn. Hier zien we de periodieke metingen aan een industriële schoorsteen.

Onder: Om het verband tussen bloedloodgehalte en loodgehalte in de lucht vast te leggen, zijn metingen onder goed gecontroleerde omstandigheden nodig.





gehalten dan de blanke, ongeacht leeftijd, urbanisatiegraad en inkomenspeil. Het bloedloodgehalte is hoger bij stadsbewoners, en vooral bewoners van stadscentra, en neemt af met de urbanisatiegraad (zie fig. 4). Kinderen beneden de leerplichtige leeftijd die afkomstig zijn uit in stadscentra wonende gezinnen met lage inkomens, vormen binnen de kinderpopulatie een risicogroep. Het gehalte is bij rokers hoger dan bij niet-rokers.

Moet dit bloedloodgehalte nu volledig worden toegeschreven aan de loodverontreiniging door de mens? Als het waar is dat het continentaal milieu over de gehele aarde met lood is besmet, dan zou op het ogenblik geen enkele

Links: Atoomabsorptie is een goede methode om loodgehalten in (vloeibare) monsters te bepalen. Vaste monsters kunnen eventueel eerst opgelost worden. De oplossing (in de hand) wordt opgezogen en in een hete vlam verstooven, waar zij tot atomen ontleed wordt. Men kijkt dan welke lichtenergie de atomen opnemen en hoeveel.

algemeen wordt $300 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ gezien als een grens die niet mag worden overschreden. In de EG neemt men als referentieniveau $200 \mu\text{g}$ per liter bloed voor 50 procent van de bevolking (mediaanwaarde), waarbij minder dan 10 procent een bloedloodgehalte mag hebben van meer dan $300 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ en minder dan 2 procent een gehalte van meer dan $350 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Uit de resultaten van een eerste meetcampagne, waarbij 18000 personen werden onderzocht, blijkt dat het mediane bloedloodgehalte voor de Gemeenschap in haar geheel $130 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ bedraagt, dat bij iets meer dan 2 procent van de onderzochte personen het niveau van $300 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ en bij de helft daarvan dat van $350 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ wordt overschreden. Het bloedloodgehalte bij vrouwen is lager dan bij mannen, iets waarop in de literatuur al menigmaal is gewezen. België en Italië geven de hoogste bloedloodgehalten te zien. Onderzoek in Amerika gaf een mediaan bloedgehalte van $130 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, hetzelfde dus als in Europa. Verder haalde 1,9 procent de grens van $300 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ en bleef 20 procent beneden de $120 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Het gemiddelde bloedloodgehalte bij vrouwen is duidelijk lager dan bij mannen. De zwarte bevolking vertoont hogere bloedlood-

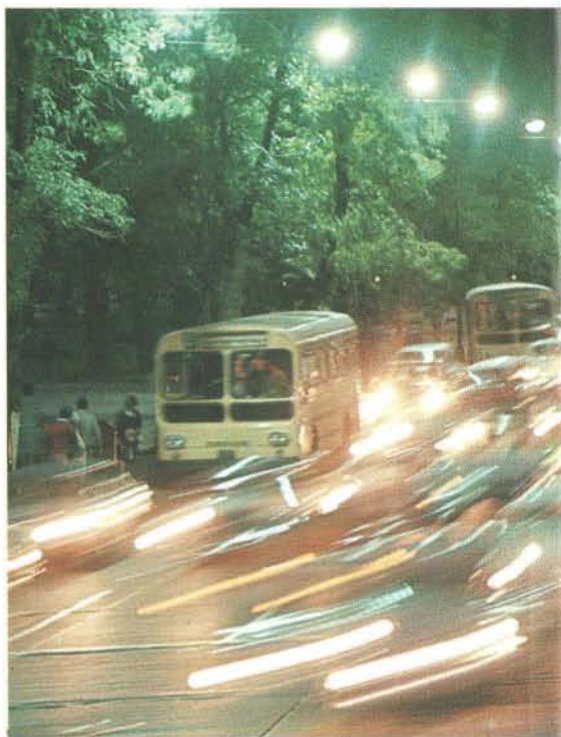
bevolking, hoe 'primitief' en ver van de industrie centra ook, zich lenen voor een meting van het 'natuurlijke' niveau, zonder menselijke verontreiniging. Een dergelijke meting stuit op enorme experimentele moeilijkheden. De resultaten van vóór 1970, waaruit kon worden opgemaakt dat het bloedloodgehalte bij de bevolking in de geïndustrialiseerde landen nauwelijks boven het natuurlijke niveau lag, moeten dan ook worden verworpen.

Twee recente studies lijken tamelijk overtuigend. De ene komt tot $8 \mu\text{g Pb}\cdot\text{l}^{-1}$ bij de Yanomama-indianen, een primitieve stam in het zuiden van Venezuela. De andere heeft betrekking op een Nepalese bevolkingsgroep die leeft in een gebied zonder wegen waar de industriële ontwikkeling nog niet is doorgedrongen en geeft $34 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Via de geochemie komt men met een omweg tot ongeveer $2 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. De resultaten van metingen op fossiele beenderen en tanden zijn nog moeilijker te interpreteren. De kans op besmetting *post mortem* is aanzienlijk omdat de fosfaten die de anorganische structuur van het beenweefsel vormen, gemakkelijk lood aan zich binden. Dit in acht genomen komt deze methode op een twintig maal lager niveau dan thans.

Kortom, het 'natuurlijke' bloedloodgehalte kan gevoelig worden vastgesteld op $10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. In dat geval zou de loodbelasting bij de bevolking in geïndustrialiseerde landen ($130 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) dus voor meer dan 90 procent toe te schrijven zijn aan 'menselijk' lood.

Lood uit benzine

Wat is het aandeel van het lood uit de benzine in de totale loodbelasting van het lichaam? Dit is uiteraard een van de essentiële vragen in deze discussie, die echter niet gemakkelijk te beantwoorden is. Drie methoden kunnen ons wellicht dichter bij de oplossing brengen. Allereerst het *stofwisselingsonderzoek*: door middel van dit onderzoek, dat noodzakelijkerwijs beperkt blijft tot een klein aantal individuen, kan het respectieve aandeel van het ingeademde en het via het spijsverteringskanaal opgenomen lood worden bepaald. Zo zou gemiddeld 10 à 30 procent van het in het lichaam aanwezige lood via de luchtwegen zijn binnengekomen, maar dit soort onderzoek verschaft geen informatie over de via deze wegen opgenomen hoeveelheid lood uit benzine.



Epidemiologisch onderzoek

Het epidemiologisch onderzoek tracht daarentegen in een representatieve steekproef van de bevolking een correlatie te vinden tussen een indicator voor de lichaamsbelasting en een indicator voor de blootstelling aan het lood in de benzine. Ook hier stuit men op interpretatieproblemen, omdat het bestaan van een ver-

Tokio (boven) en Mexico City (geheel boven) zijn beide steden met een vergelijkbaar intens verkeer. Toch hebben de inwoners van Tokio een van de laagste bloedloodgehalten ($64 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) ter wereld, terwijl die van Mexico City het record van het grootste gehalte ($220 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) hebben. In Tokio bevat de benzine geen lood, in Mexico wel. Dit is geen bewijs zolang niet alle andere mogelijke oorzaken voor het verschil in bloedloodgehalte gecontroleerd en uitgesloten zijn; te denken geeft het wel.



band nog niet bewijst dat het ook een oorzaak-lijk verband is. Het is opvallend dat de laagste gemiddelde bloedloodgehalten worden aangetroffen in Peking ($60 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), waar praktisch geen autoverkeer is, en in Tokio ($64 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), waar weliswaar druk verkeer is, maar waar op loodvrije benzine wordt gereden. De bloedloodgehalten zijn systematisch hoger in landen waar benzine lood bevat, met een top in Mexico City ($220 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Om het verband met de benzine eenduidig te kunnen leggen, moeten de andere loodbronnen evenwel overal gelijk zijn, wat natuurlijk lang niet het geval is.

Dit bezwaar kan worden ondervangen door een bevolkingsgroep te onderzoeken die een in de tijd variabele blootstelling aan lood in benzine ondergaat, terwijl de overige bronnen constant blijven. Zo is bijv. in de USA de totale hoeveelheid lood in de benzine van 1976 tot 1980 door het van kracht worden van wettelijke voorschriften met 55 procent gedaald, terwijl de bloedloodgehalten met 37 procent afnamen. Ethyl Corporation, een grote producent van antiklop middel, schreef deze daling

van het bloedloodgehalte toe aan andere factoren. Zo was er het feit dat het aantal kinderen en stadsbewoners (twee belangrijke risicogroepen) bij het begin van het onderzoek in verhouding groter was dan aan het eind, en het feit dat het loodgehalte van conservenblikken en verf eveneens was gedaald.

Niettemin bevestigden zeer uitvoerige statistische analyses waarbij met deze bezwaren rekening werd gehouden, dat er een sterke correlatie bestaat tussen de daling van het bloedloodgehalte en die van het loodgehalte van benzine. Uit deze analyses bleek voorts dat iets minder dan 50 procent van de loodbelasting van het lichaam bij de Amerikanen voor rekening kwam van het lood uit de benzine. Op één punt tast men echter nog in het duister: volgens deze analyses zou er slechts ongeveer een maand verstrijken tussen een verandering van het loodgehalte van benzine en de weerslag daarvan op het bloedloodgehalte. Dat zou betekenen dat het milieu uiterst snel reageert op een daling van de loodemissies, wat niet erg aannemelijk is.

Isotopenonderzoek

Bij deze derde methode wordt gebruik gemaakt van de natuurlijke verschillen in de isotopensamenstelling van lood, een (althans voor een zwaar element) nagenoeg unieke eigenschap. Omdat de isotopen met de massa's 206, 207 en 208 de stabiele vervalprodukten zijn van de natuurlijke radionucliden U-238 en Th-232, verschilt hun verhouding tot het eveneens stabiele Pb-204 van vindplaats tot vindplaats. In principe kan men van deze verschillen gebruik maken om het aandeel van het lood uit de benzine in de lichaamsbelasting te bepalen. Daartoe gebruikt men additieven waarvan het lood een isotopensamenstelling bezit die in de tijd stabiel is en duidelijk verschilt van die van andere bronnen.

In Italië is onder leiding van het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek van de EG-Commissie in Ispra een dergelijk onderzoek op grote schaal gestart. Tussen 1977 en 1979 bevatte alle in Turijn en de provincie Piemonte verkochte benzine uitsluitend lood dat uit het Australische Broken Hill afkomstig was en dat een speciale isotopensamenstelling bezat. Gebleken is dat tenminste 24 procent van het bloedloodgehalte van de benzine afkomstig was. Een soortgelijk onderzoek, hoewel op veel bescheidener schaal, werd verricht in België, eveneens met steun van de EG-Commissie. Er was al aangetoond dat het lood in de benzine al een jaar of tien een isotopensamenstelling bezit die verschilt van die van lood van andere herkomst. Hieruit bleek dat het lood uit die benzine bij relatief weinig besmette Brusselaars (100 à $150 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) voor 30 à 50% bijdraagt tot de totale lichaamsbelasting.

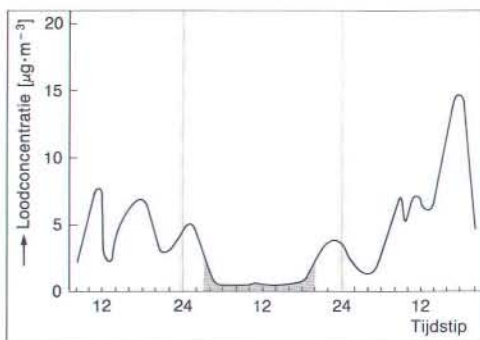
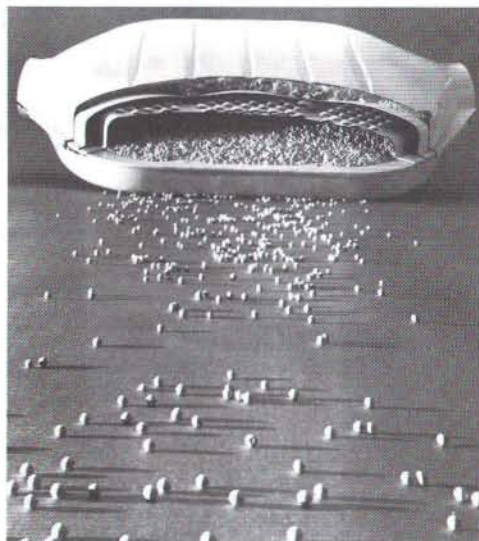
De resultaten van het isotopenonderzoek, hoe onnauwkeurig ook, sluiten dus aan bij die van het Amerikaanse epidemiologisch onderzoek, ondanks de methodologische verschillen. Men neemt momenteel aan dat de bijdrage van het lood in de benzine tot het bloedloodgehalte bij doorsnee stadsbewoners in geïndustrialiseerde landen rond de $60 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ligt.

Strijd over de normen

Hoewel de overheid zich allang bewust was van de gevaren van lood, is het loodgehalte van benzine pas sinds een jaar of tien geregulementeerd. Momenteel is loodvrije benzine te

Onder en rechtsonder: Begin van de jaren zeventig nam Amerika draconische maatregelen tegen de luchtverontreiniging door auto's. Lood werd daarbij trouwens niet belangrijk geacht. De constructeurs werden gedwongen om op korte tijd hun uitlaatgassen beduidend schoner te krijgen. Zoals wel vaker gebeurt kozen ze daarvoor een gemakkelijksoplossing. Ze verbeterden niets aan de constructie van hun motoren (zoals Japan en Europa, zij het op langere termijn, wel deden). Wel stelden ze hun hoop op een platina-palladium katalysator (onder), die in een soort extra knalpot op de uitlaat aangebracht werd. Een gelukkig neveneffect was wel dat die katalysator geen lood verdroeg, zodat men alsnog op loodvrije benzine moest overgaan.

Geheel onder: Fig. 3. Het loodgehalte in de Antwerpse lucht, voor, tijdens en na de autovrije zondag van 9 december 1973. Men zou hierbij kunnen denken aan een verband met de in het weekeinde dalende uitstoot door de industrie. Dat verklaart echter de pieken in de curve niet, die wel overeenkomen met de spitsuren in het autoverkeer.

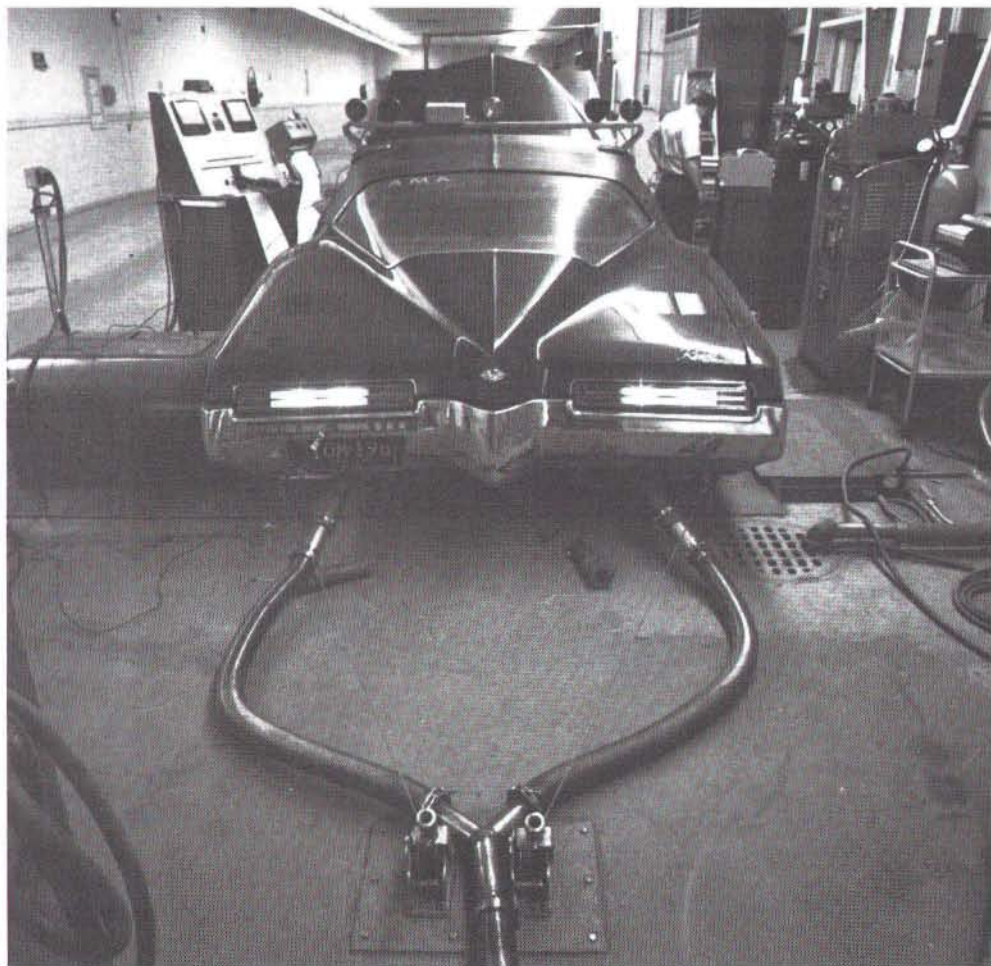


krijgen in de USA, Canada en Japan. Ondanks het specifieke karakter van de Amerikaanse situatie en instellingen, geven het verloop van de politieke acties en de daarbij ondervonden tegenslagen een idee van de moeilijkheden die de Europese wetgevers te wachten staan.

Vreemd genoeg werden de maatregelen ter beperking van het loodgehalte van benzine aanvankelijk niet ingegeven door bezorgdheid over de toxiciteit van lood. Het in 1970 in de Verenigde Staten opgerichte Bureau voor Milieubescherming (EPA) kreeg onder andere tot taak nationale normen voor de luchtkwaliteit vast te stellen. Zijn eerste namenlijst (1971) omvatte onder andere de drie belangrijkste door motorvoertuigen geëmitteerde verontrei-

nigende stoffen, koolstofmonoxide, stikstof-oxiden en koolwaterstoffen. Ondanks aandringen van het Congres stond lood er niet op.

Om aan de normen van het EPA te voldoen, moesten nieuwe auto's vanaf 1974 verplicht zijn uitgerust met voorzieningen voor de zuivering van de uitlaatgassen. Nu hadden de Amerikaanse constructeurs voor de nabehandeling van de uitlaatgassen hun keuze laten vallen op katalysatoren die, zoals zij al sinds de jaren zestig wisten, 'vergiftigd' worden door de loodhoudende additieven. Er moest dus een loodvrije benzine op de markt komen. Na een aantal processen, aangespannen door zowel milieugroepen als producenten van tetraethyllood, stelde het EPA uiteindelijk normen vast.





Aanvankelijk lag het in de bedoeling dat Amerikaanse benzine op 1 januari 1979 gemiddeld nog maar $0,13 \text{ g}$ lood per liter zou mogen bevatten. Als dus bijv. de helft van de door een raffinaderij geproduceerde benzine geen lood bevatte, mocht de resterende helft $0,26 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ bevatten. Maar die termijn werd verschoven tot 1 oktober 1982 voor kleine raffinaderijen.

Enkele maanden voor het aan de kleine raffinaderijen gegeven respijt afliep, stelde een onverwachte wending de hele reglementering op losse schroeven: met het argument dat het marktaandeel van deze raffinaderijen maar beperkt was (< 10 procent) en dat een strenge wetgeving tot economische problemen zou leiden, stelde het EPA voor, de toepassing van de norm voor de kleine raffinaderijen voor onbepaalde tijd op te schorten, in afwachting van een algehele herbestudering van het probleem.

Bij het EPA regende het honderden reacties van uiteenlopende strekking. Voorstanders van de norm hielden staande dat het EPA, in het licht van de nieuwste kennis inzake de toxiciteit van lood, voet bij stuk moest houden. Sinds 1 november 1982 geldt een nieuwe norm: een grenswaarde van $0,29 \text{ g}$ lood per liter benzine, ook geïmporteerde.

De Europese situatie

De richtlijn die het loodgehalte van de benzine in de EG regelt, werd in 1978 vastgesteld na vijf jaar onderhandelen tussen de lidstaten, die elk hun eigen maatregelen hadden getroffen. Men werd het uiteindelijk eens over een compromis dat inhield dat met ingang van 1 januari 1981 het maximumgehalte zou worden vastgesteld op $0,40 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, met een ondergrens van $0,15 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Het staat elk land dus vrij om binnen deze marge een grenswaarde te kiezen, maar geen enkele lidstaat zou onder deze norm van $0,15 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ kunnen gaan of loodhoudende additieven kunnen verbieden. Deze norm geldt slechts voor benzine die op de communautaire markt wordt verkocht.

Behalve Duitsland ($0,15 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ sinds 1976) hebben de overige EG-landen gekozen voor een concentratie van $0,40 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Denemarken, Nederland, het Verenigd Koninkrijk en België hebben evenwel aangekondigd de komende jaren naar $0,15 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ te zullen gaan. Ook Zweden en Zwitserland hebben gekozen voor een verlaagd gehalte van $0,15 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Noorwegen en Oostenrijk willen binnenkort eveneens op deze norm overgaan.



en constructie van de motoren moeten worden aangebracht om deze geschikt te maken voor een lagere compressieverhouding.

Om een hoog octaangetal te handhaven heeft men de keuze tussen twee mogelijkheden. In de eerste plaats kan men in plaats van loodalkylen *andere verbindingen* gebruiken. In de USA voegt men het MMT (methylcyclopentadiethyl-mangaan-tricarbonyl), een organische metaalverbinding op basis van mangaan, aan loodhoudende benzine toe om het octaangetal op te voeren. Tussen 1975 en 1978 werd het in loodvrije benzine gebruikt, maar vervolgens verboden omdat het de goede werking van de sondes die de samenstelling van de uitlaatgassen controleren, verstoort.

Links: Hoewel autoverkeer de grote boosdoener is, wordt de tweede plaats op de lijst van loodvervuilers overduidelijk door de industrie ingenomen.

Onder: De meeste maatregelen tegen vervuiling zijn onder druk van de publieke opinie tot stand gekomen. De problemen liggen echter veel delicaatser dan de actievoerders (of de industrie) ze stellen.

Het Verenigd Koninkrijk gaat zelfs verder en overweegt om tegen 1990 loodvrije benzine op de markt te brengen, daarin gevolgd door Duitsland. Daartoe zullen deze landen moeten trachten om in overleg met de EG de limiet van $0,15 \text{ g Pb} \cdot \text{l}^{-1}$ af te schaffen. De discussie daarover is op verschillende niveaus van de Gemeenschap gaande.

Loodvrije benzine met hoog octaangetal

De beperking van de luchtverontreiniging door het wegverkeer en de verlaging van het energieverbruik worden vaak gezien als moeilijk verenigbare doelstellingen. De toevoeging van loodhoudende additieven speelt in dit verband een belangrijke rol: het is een gemakkelijk en weinig kostbaar middel om het octaangetal op het gewenste niveau te handhaven. Als men het loodgehalte van benzine van $0,40$ tot $0,15 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ wil verlagen of als men loodvrije benzine wil produceren, heeft men de keuze tussen twee oplossingen. Als men vast houdt aan een *hoog* octaangetal, zal op de een of andere manier een vervanging moeten worden gevonden voor het lood. Bij *verlagen* van het octaangetal zullen wijzigingen in ontwerp





In Canada is het echter wel toegestaan, maar door de Britse regering wordt het uit gezondheidsoogpunt als verdacht beschouwd.

Methanol, ethanol, tertiairbutylalcohol en methyltertiairbutylether (MTBE) verbeteren in concentraties van 3 à 10 procent het octaangetal en zouden, naar het schijnt, tegen acceptabele kosten kunnen worden geproduceerd. In de komende tien jaar zouden de Europese landen echter nauwelijks de enorme hoeveelheden kunnen produceren die nodig zijn om de loodhoudende additieven volledig te vervangen. Zij zouden daarentegen wel kunnen worden gebruikt om het octaangetal te handhaven als de loodgehalten teruggebracht worden tot $0,15 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Het gebruik van deze stoffen wordt door de EG-Commissie aangemoedigd. MTBE lijkt de beste perspectieven te bieden. Daar staat tegenover dat de verbrandingsproducten ervan, net als die van methanol, gevaarlijk zijn omdat zij aldehyden in het milieu verspreiden.

De tweede manier om een hoog octaangetal te handhaven is de *raffinage* verder doorvoeren. Over het algemeen gebeurt dit door verhoging van het aandeel aromaten. Het in de benzine aanwezige benzeen is echter kanker-

verwekkend, evenals de polycyclische aromatische koolwaterstoffen die vrijkomen bij onvolledige verbranding van de benzine. Bovendien spelen zij een niet te veronachtzamen rol bij de vorming van oxyderende fotochemische mist (smog, zie de foto's). Daarnaast stijgt door de voor dit omzetproces benodigde energie het verbruik van ruwe olie met enkele procenten (zie fig. 1). De typische structuur van de Europese raffinaderijen is bovendien van dien aard dat hun omzetting capaciteit zou moeten worden uitgebreid ondanks het aanzienlijke overschot aan destillatiecapaciteit.

Loodvrije benzine met laag octaangetal

Aangezien handhaving van een hoog octaangetal van 98 zonder gebruik te maken van loodalkylen economisch niet haalbaar lijkt, hebben Japan, de Verenigde Staten, het Verenigd Koninkrijk en de Bondsrepubliek Duitsland gekozen voor een lager octaangetal. In Europa neemt superbenzine echter over het algemeen meer dan de helft, in Frankrijk en Italië zelfs rond de 90 procent van de markt in. Er zal dus een betrekkelijk lange overgangsperiode moeten komen.

Smog is nu al een bijna constant verschijnsel in veel grote steden. Verder geraffineerde benzine zou dat probleem nog verergeren. Links het normale beeld van Los Angeles, onder wat normaal zou moeten zijn.



De automobielconstructeurs zullen motoren moeten fabriceren met een lagere compressieverhouding en duurzamere klepzittingen, waarbij zij tevens op middelen moeten zinnen om het benzineverbruik te reduceren. De raffinadeurs hebben zich naar het schijnt nogal terughoudend opgesteld tegenover de Europese voorschriften en het vooruitzicht van nieuwe verlaging van het loodgehalte van de benzine. Zij schijnen vooral beducht te zijn voor zowel overhaaste politieke beslissingen, die hen ertoe zouden verplichten om op korte termijn aanzienlijke sommen gelds te investeren, als voor weifelachtige, die een goede planning onmogelijk zouden maken.

Literatuur

- Nriagu, J.O. (ed.), (1978). *The biogeochemistry of lead in the environment*. Elsevier, Amsterdam.
- Rutten, M, Jones, R.R. (ed.), (1983). *Lead versus health, sources and effects of low level lead exposure*. John Wiley and Sons, Chichester.
- Fachetti, S., Geiss, F., et al., (1982). *Isotopic lead experiment: status report*. Commission of the European Communities Joint Research Center, Ispra.
- Study of the possibilities for the replacement of lead in gasoline by the addition of compounds*. Research-rapport EG-studie (EUR 8739 EN).

Besluit

Al in 1965 wees Clair Patterson op de omvang van de loodbesmetting van het milieu. Hij noemde het gebruik van lood een 'monumentale misdaad van de mensheid tegen zichzelf'. Hoewel de vermoedens over de toxiciteit van lood sterker zijn geworden, bestaan er nog twijfels over de ernst van de effecten bij lage doses. De polemiek over de neurotoxiciteit van lood bij als normaal beschouwde doses loopt nog steeds. Verder is, ondanks veelbelovend isotopenonderzoek, nog niet precies bekend wat het aandeel van het lood uit de benzine in de totale lichaamsbelasting is.

Twee recente en zeer uitvoerig gedocumenteerde officiële rapporten, van de National Academy of Sciences (VS) en van de Royal Commission on Environmental Pollution (GB), besluiten dat ter bescherming van de volksgezondheid *alle* bronnen van loodverontreiniging moeten verminderd worden, waaronder het loodgehalte in benzine.


Een beleid dat beoogt de verontreiniging door lood te reglementeren, stuit uiteraard op grote belangentegenstellingen die onvermijdelijk zijn wanneer een produkt zowel onmiskenbare economische en technische voordelen biedt, als risico's voor de gezondheid oplevert. Niettemin dienen wij ons af te vragen of wij, alvorens een besluit te nemen met zwaarwegende consequenties voor de economie en de gezondheid, moeten wachten totdat de wetenschap definitief uitsluitsel geeft. Wanneer moeten wij de knoop doorhakken? Net als een rechter van instructie, zal de overheidsdienst die de bescherming van de volksgezondheid tot taak heeft, dikwijls moeten beslissen op grond van een reeks vermoedens die in dezelfde richting wijzen, en niet zo zeer op grond van een onbetwiste waarheid.

Bronvermelding illustraties

- P. Van Dooren, Lanaken: pag. 454-455.
- Aart Klein, Amsterdam: pag. 456-457.
- Oetel, Londen: pag. 457 onder, 462-463.
- Studio H.P., Geleen: pag. 457 boven.
- Jules van Rees, Maastricht: pag. 458-459.
- Galloromeins museum, Tongeren: pag. 461.
- Inst. v. Nucleaire Wetenschappen, Gent: pag. 464 boven, 465.
- UKAEA, Londen: pag. 464 onder.
- Chriet Titulaer, Houten: pag. 466.
- Transworld Features, Haarlem: pag. 466-467.
- General Motors: pag. 468.
- World Health Organization: pag. 469, 471, 472, 473.

Het overpersen
van bloed-
plasma ge-
schiedt steriel.
Bij het testen
in het laborato-
rium speelt de
streepjescode
op de bloed-
zakken (zie
foto) een cen-
trale rol bij de
administratie.





J.A. van der Does
*Stichting Rode Kruis Bloedbank
's-Gravenhage en Omstreken*

DE BLOEDBANK IN EEN STROOM- VERSNELLING

Computers zijn uit onze maatschappij niet meer weg te denken. Iedereen krijgt er mee te maken. Ook in de verschillende bloedbanken worden steeds meer computers gebruikt voor de administratie van de bloeddonoren en van de testresultaten die vanuit het laboratorium, waar de bloedmonsters zijn onderzocht, zijn verkregen. Hoewel er voor de donor niet veel zal veranderen, is er, in zowel het laboratorium als in de afdeling waar het bloed bewerkt wordt, de laatste tijd een omvangrijke automatisering doorgevoerd.

**De computer
houdt een vinger
aan de pols**

Bloed en bloedstolling

Bloed dat van een mens is afgenomen, stolt zodra het buiten het lichaam komt. Door contact met vreemde stoffen worden bepaalde stollingsfactoren geactiveerd, die op hun beurt weer andere factoren activeren waardoor er aan het einde van deze reactie een stollings-eiwit, fibrinogeen genaamd, omgezet wordt in fibrine: een stolsel ontstaat.

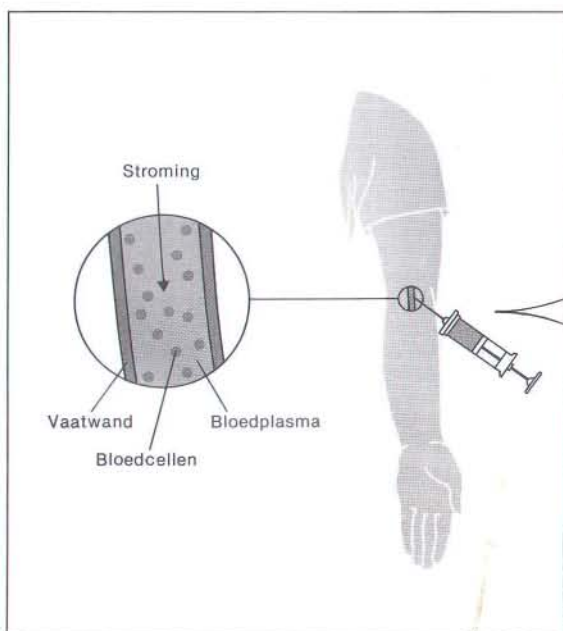
Als bloed dus in een plastic zak afgenomen wordt van een donor, dient stolling voorkomen te worden. Dit gebeurt door met een citraatoplossing het voor de stolling benodigde calcium te binden (zie fig. 1). Aanvankelijk werd natriumcitraat gebruikt: het bloed kon dan enkele dagen bewaard worden. Later bleek dat als men aan de citraatoplossing een suiker toevoegde, het bloed drie weken houdbaar was. Deze citraatoplossing met suiker (ACD = Acid Citrate Dextrose) is van 1945 tot ca. 1975 het meest gebruikte antistollingsmiddel geweest voor transfusiebloed. In de jaren zeventig zijn twee ontwikkelingen ervoor verantwoordelijk geweest dat bloed langer bewaard kon worden. Door toevoegen van een fosfaatbuffer aan de citraatoplossing ontstond een nieuw antistollingsmiddel, het CPD (Citraate Phosphate Dextrose). Aan deze oplossing wordt in de laatste jaren *adenine* toegevoegd, waardoor het antistollingsmiddel CPDA-1 ontstaat. De bewaarduur is nu vijf weken en indien meer suiker en adenine wordt toegevoegd, kan men het zeven weken lang bewaren. Deze laatste ontwikkelingen zijn alleen voor militair gebruik nodig.

Indien bloed nog langer bewaard moet worden, bijvoorbeeld omdat het hele bijzondere eigenschappen heeft, dient het diepgevroren te worden. Dit kan gebeuren in een vrieskast bij -80°C , of in een Dewar-vat met vloeibaar stikstof (-196°C). Het bloed moet dan tegen invriesschade beschermd worden door een beschermingsmiddel; meestal wordt hiervoor glycerol gebruikt. In enkele grote centra in Europa zijn vele van deze zeer bijzondere, uitgezochte bloedtransfusies aanwezig. In het Centraal Laboratorium van de Bloedtransfusiedienst (CLB) van het Nederlandse Rode Kruis in Amsterdam bevindt zich, onder auspiciën van de Raad van Europa, een centrale voorraad. Bij bijzondere klinische problemen kan een beroep op deze voorraad gedaan worden.

Om een indruk te krijgen van de aantallen bloeddonaties in België en Nederland zijn enkele gegevens in tabel 1 weergegeven. Het aantal bepalingen van bloedgroepen en van de later beschreven laboratoriumtests dat uitgevoerd wordt, is ongeveer gelijk aan het aantal bloeddonaties; dus enorme aantallen.

Transfusie

Wanneer een donor bloed gegeven heeft en zijn bloed in een plastic zak is opgevangen, kan in principe dit bloed zó aan een patiënt toegediend worden. Deze patiënt krijgt dan dus alle bestanddelen van die donatie van één donor. Dit gebeurt niet veel meer. Tegenwoordig gaat men uit van een patiënt die meestal slechts één bloedbestanddeel nodig heeft. Door het donorbloed in vele bestanddelen te scheiden, kan aan meerdere patiënten uit één donatie een bloedproduct toegediend worden.



TABEL 1. Bloeddonatie in België en Nederland.

	België	Nederland
Aantal bloedbanken	41	22
Donaties in 1982	562 893	570 000
Percentage bloed, bewerkt	54	78

Het ABO- en rhesussysteem

Rode bloedcellen dragen moleculen op hun membraan, waartegen antilichamen gemaakt kunnen worden. Wij noemen deze moleculen *antigenen*. Landsteiner was in het begin van deze eeuw de ontdekker van het eerste bloedgroepsysteem, het *ABO-systeem*. In dit systeem herkennen we twee antigenen, A en B. Later bleek voor bloedtransfusie in de kliniek een tweede systeem van groot belang te zijn, het *rhesussysteem*. In de praktijk wordt van dit systeem slechts één eigenschap, één antigeen, bepaald. Dit is het rhesus-D-antigeen. In het rhesussysteem zijn nog veel meer antigenen bekend; deze worden niet routinematig bepaald. Indien bij een patiënt problemen ontstaan, kan ook naar deze en andere systemen gekeken worden.

Er zijn circa dertig verschillende rode bloedgroep-antigeensystemen bekend die, evenals

alle rhesus-antigenen (behalve het D-antigeen), bijna nooit belangrijk zijn. Slechts in twee tot drie procent van alle bloedtransfusies wordt het belangrijk, bij patiënt en donor, deze bloedgroep-antigenen wél te bepalen. Wij komen hierop nog terug.

ABO- en rhesus-D-antigenen

Ieder mens krijgt zijn erfelijke informatie van zijn beide ouders. Zo ook de informatie voor het ABO-bloedgroepantigeensysteem. De 'vaderlijke' en 'moederlijke' informatie ligt, gecodeerd in zogenaamde genen (erfelijke eenheden), gerangschikt op de chromosomen die in elke cel aanwezig zijn. Per eigenschap – in dit geval de bloedgroepantigenen A, B of O (O betekent 'géén A, géén B') – zijn telkens twee genen (één van de vader, één van de moeder) aanwezig. Coderen de beide genen voor het antigeen A dan zal dit antigeen ook op de cel-

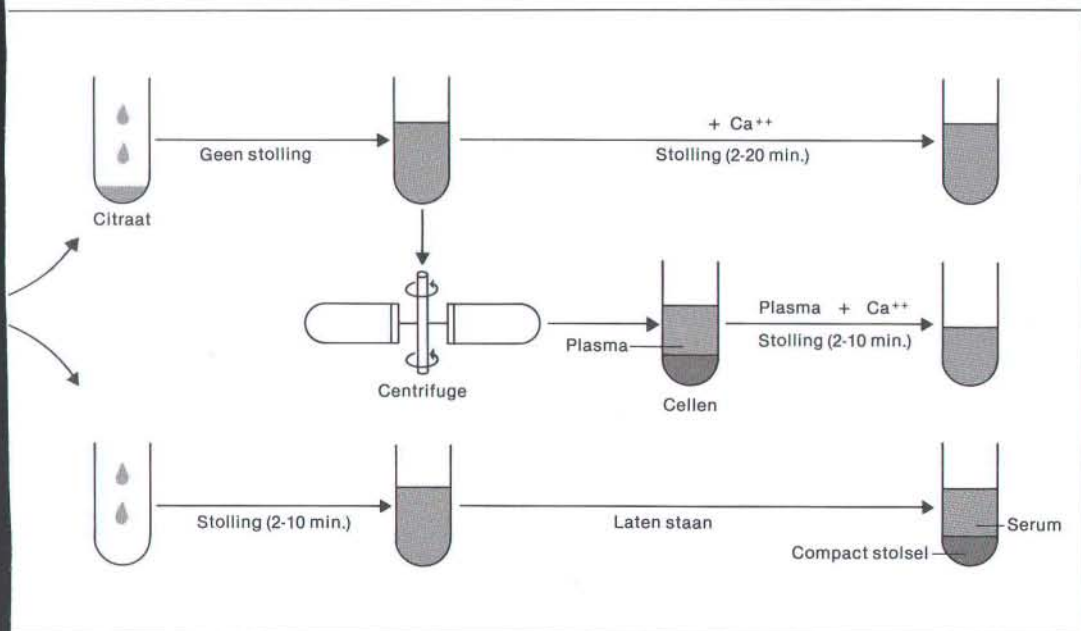


Fig. 1: Als bloed in een buisje wordt gebracht, stolt het. Daarbij ontstaat serum (rechtsonder). Hierin zijn de stollingseiwitten niet meer aanwezig. Als citraat wordt toegevoegd, worden hierdoor calciumionen weggevangen, waardoor bloedstolling niet kan plaatsvinden. Na centrifugeren ontstaat dan plasma. Dit bestaat uit water en opgeloste stoffen, o.a. eiwitten. Ook alle stollingseiwitten zijn dan nog aanwezig (rechtsmidden).



membraan tot expressie komen en dus herkend kunnen worden. We spreken dan van de 'bloedgroep A' (genotype AA). Hetzelfde geldt voor antigeen B: twee genen B leiden tot de bloedgroep B (genotype BB). Indien één gen voor antigeen A codeert, maar het andere gen geen codering bevat (O) dan zal toch A tot expressie komen. De drager bezit in dit geval dus ook de bloedgroep A (genotype AO). Codeert één gen voor A en de andere voor B, dan is er sprake van de bloedgroep AB (genotype AB). Zowel het antigeen A als het antigeen B komen nu tot expressie. De bloedgroep O (genotype OO) is het resultaat van twee genen zonder informatie.

Het herkennen van de antigenen geschiedt met behulp van antisera. Deze reagentia herkennen de antigenen en brengen de cellen vervolgens zo dicht bij elkaar dat ze samenklonteren (agglutineren). Door de goede antisera uit te zoeken, is deze reactie in een reageerbuisje heel gemakkelijk te zien.

In het plasma van mensen met de bloedgroep A zijn antilichamen aanwezig tegen de B-antigenen, bij mensen met bloedgroep B is anti-A aanwezig, en bij de bloedgroep O kunnen we zowel anti-A als anti-B in het plasma aantonen. Bij personen met de bloedgroep AB zijn geen antilichamen te vinden tegen deze an-

tigenen. Zoals later zal blijken is deze dubbele herkenningmogelijkheid binnen het ABO-systeem belangrijk voor de interpretatie van de testresultaten.

Vlak voor de Tweede Wereldoorlog werd het rhesussysteem ontdekt. Voor de praktijk is daarvan alleen de eigenschap (antigeen) D van belang: is die D er, dan noemen we een individu rhesus-D-positief; kunnen we deze eigenschap niet aantonen, dan is dat individu rhesus-D-negatief. Er bestaat géén natuurlijk voorkomend anti-D.

Samenstelling van het bloed

Wanneer een plastic zak met donorbloed in een centrifuge 'afgedraaid' wordt, dan zullen de relatief zware rode bloedcellen zich onder in de zak verzamelen. Boven op deze laag komt een dun laagje te liggen met de witte bloedcellen en het merendeel van de bloedplaatjes. Daarboven komt een heldere laag bloedplasma te staan. Het plasma bestaat uit water met daarin opgeloste stoffen zoals eiwitten, mineralen, vitaminen, hormonen. Door het bovenstaande plasma eerst naar een aan de afnamezak bevestigde zogenaamde 'satellietzak' te persen, treedt al een scheiding in bestanddelen op.



Links: Het stollen van bloed is een zeer belangrijke eigenschap. Hiervoor zijn kleine bloedcellen nodig, de bloedplaatjes (= trombocyten). Op de foto geheel links zijn de grotere rode bloedlichaampjes te zien. (erythrocyten), doorsnede $7,5\mu\text{m}$, waarvan er zich zo'n 5 miljard in een milliliter bloed bevinden. In het midden liggen enkele bloedplaatjes. Hun doorsnede is $1\mu\text{m}$, er bevinden zich ongeveer 150 tot 300 miljoen in een milliliter bloed. In het stollingproces klonteren ze samen en versmelten tot een netwerk.

Fibrinogeen is één van de vele stollingseiwitten en dit eiwit vormt tijdens het stollingsproces draden, die eveneens een netwerk vormen. De bloedplaatjes hechten zich daaraan (middelste foto).

Er ontstaat dan een stolsel van fibrinedraden en daarin en daaraan bloedplaatjes en andere bloedcellen (foto hiernaast).

Onder: Om de bloedbestanddelen te kunnen scheiden worden bloedzakken gecentrifugeerd. U ziet de zgn. satelliet zakken waarin de verschillende componenten terecht zullen komen. Het toerental loopt van ca. 1500-5000 per minuut, waarmee versnellingen tot $4000 \times g$ worden verkregen. De centrifuges zijn dan ook zeer zware apparaten; het draaiende gedeelte, de rotor, kan gekoeld worden.



De zak waarin het plasma opgevangen is, wordt zo snel mogelijk bevroren om de zeer temperatuurgevoelige stollingsfactoren optimaal te conserveren. Deze kunnen later uit het plasma worden geïsoleerd. Na het aftappen van het plasma kunnen de witte bloedcellen en de bloedplaatjes vervolgens in een ander zakje opgevangen worden. Deze oplossing noemt men de 'buffycoat'. De rode bloedcellen blijven dan in de oorspronkelijke afnamezak achter, die dan voor transfusie van rode bloedcellen uitgegeven en daarna gebruikt kan worden.

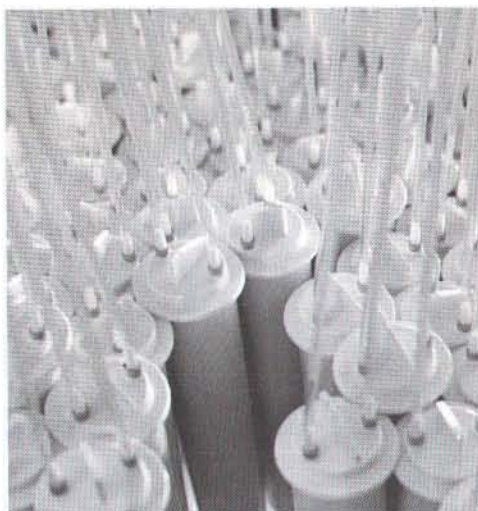
Indien een transfusie van bloedplaatjes bij een patiënt nodig is, dan kunnen uit circa acht tot twaalf 'buffycoat'-zakjes, afkomstig van verschillende donoren, voldoende bloedplaatjes geïsoleerd worden.

Klinische indicaties voor transfusie

Indien een patiënt heel langzaam een bloedarmoede ontwikkelt, betekent dit dat hij weinig rode bloedlichaampjes meer heeft. De hoeveelheid bloed, gemeten in liters, is echter volkomen normaal. Indien tot het transfunderen van bloed besloten zou worden, is er geen enkele noodzaak deze patiënt bloedplasma toe te dienen. Hier kan dus goed gebruik gemaakt worden van het rode bloedcelconcentraat. De andere bestanddelen van die donatie, de trombocyten en het plasma, kunnen dan aan andere patiënten gegeven worden.

Hebben we te maken met een patiënt met een zeer hevige bloeding, als gevolg van een ongeval, een operatie, of bijvoorbeeld door een maagbloeding, dan heeft deze patiënt natuurlijk behoefte aan zowel de rode bloedcellen als aan water met alle daarin opgeloste stoffen (vnl. eiwitten). Er dient dan met bloed (rode bloedcellen plus plasma) getransfundeerd te worden.

Voordat een patiënt getransfundeerd kan worden met rode bloedcellen, óf in de vorm van concentraat, óf in de vorm van bloed, moet eerst zijn bloedgroep bepaald worden. De ABO-bloedgroep en de rhesus-D-factor kunnen we in enkele minuten bepalen. Uit de voorraad die ieder ziekenhuis heeft, wordt dan een plastic zak met bloed gepakt van dezelfde of een compatibele (passende) bloedgroep. In vrijwel alle ziekenhuizen zijn rode bloedcelconcentraten en vaak ook 'vol' bloed van de meeste bloedgroepen in voorraad aanwezig.



Geheel boven: Van bloedtransfusies zijn ernstige bijwerkingen bekend. Een patiënt kan hoge koorts krijgen bij overgevoeligheid tegen antigenen op leucocyten. Deze witte bloedlichaampjes kunnen verwijderd worden door het bloed te filtreren door een filterhuis, gevuld met watten (cellulose-acetaat). Hierbij wordt echter wel het gesloten steriel systeem verbroken. Ook is het filter duur en vereist de gehele procedure veel handwerk.

Boven: Voordat een donor bloed mag geven wordt nagegaan of de gift niet schadelijk is voor de donor, of voor de patiënt. Een van de aandachtspunten is de bloeddruk.

Rechtsboven: Alle keuringsgegevens moeten gedocumenteerd worden. Een mogelijkheid is om dat te doen op een kaart. De gegevens, welke tijdens de keuringsprocedure op deze kaart worden verzameld, worden nog op de dag van keuring of de dag erna, ingetoest in de computer.

<i>niet invullen alstublieft</i>		datum	gewicht	bloeddruk	pols	gluc toler test	leuco antist	panel	werknnummer
									paraaf keuring
klachten over uw gezondheid?		hoofdhals		bewegingsapparaat					Hb (mmol/l)
sedert laatste bloedgift:		thorax							urine
		abdomen							bse
		lever							afname en in quarantaine
		milt							
		klieren							
		huid							
		opmerkingen							HBsAg
									lues
									afname en vrijgeven
									arts

• een huisarts/specialist geraadpleegd <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee • geneesmiddelen gebruikt, inentingen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee • operatie ondergaan, tandarts <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee • bloedtransfusie gekregen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee • zwangerschap/miskraam doorgemaakt <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee • tattooage/oorlel doorboring of acupunctuur ondergaan <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee • geelzucht gehad, contact <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee • malaria gebied bezocht <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee • röntgenonderzoek gehad <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee hierbij macht ik u om eventuele bijzonderheden aan mijn huisarts door te geven. handtekening donor: _____ paraaf: _____

Kruisproef

Er bestaan nog tientallen andere bloedgroepen, maar deze zijn voor de dagelijkse transfusiepraktijk (gelukkig) niet belangrijk. Alleen indien een patiënt door een voorafgaande transfusie antilichamen tegen een bepaald antigeen heeft verkregen, zal de zogenaamde *kruisproef* positief zijn.

De kruisproef is de test waarmee gekeken wordt of een bepaalde zak bloed aan een bepaalde patiënt toegediend kan worden. Hierbij worden de te transfunderen rode cellen gemengd met serum van de patiënt. Treedt nu een agglutinatie (samenklontering) op dan heeft deze patiënt antilichamen tegen een antigeen op de rode cellen van de donor. De transfusie kan dan niet doorgaan. Er dient dan uitgezocht te worden welk van de circa vijftig antigenen van de ongeveer veertig bloedgroep-antigeensystemen een antilichaam aanwezig is. Dit wordt in de grotere ziekenhuizen zelf gedaan, of in daartoe gespecialiseerde laboratoria. Er wordt dan een donor uitgezocht die het betreffende antigeen niet op zijn rode bloedcellen draagt. De kruisproef zal dan dus negatief uitvallen.

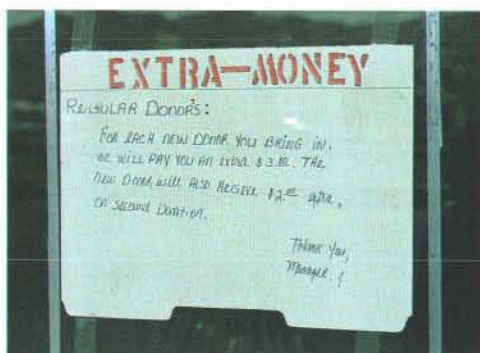
Wordt bij een patiënt ooit een antilichaam tegen rode bloedgroep-antigenen gevonden, dan dient dit nauwkeurig geadministreerd te worden, waarbij de patiënt een briefje met deze informatie krijgt.

Keuring

Het is duidelijk dat de donor geen nadeel mag ondervinden van zijn bloedgeven. Daarom wordt eerst een vragenlijst ingevuld door de donor en een medewerker van de bloedbank, om uit te sluiten dat de donor een afwijking heeft, waardoor bloedgeven gevaarlijk voor hem of haar kan zijn. Tevens wordt gekeken naar de bloeddruk en het gewicht. Daarna wordt het bloedgehalte (hemoglobine-gehalte) bepaald. Als dit boven een vastgestelde grens is, mag de donor bloed geven.

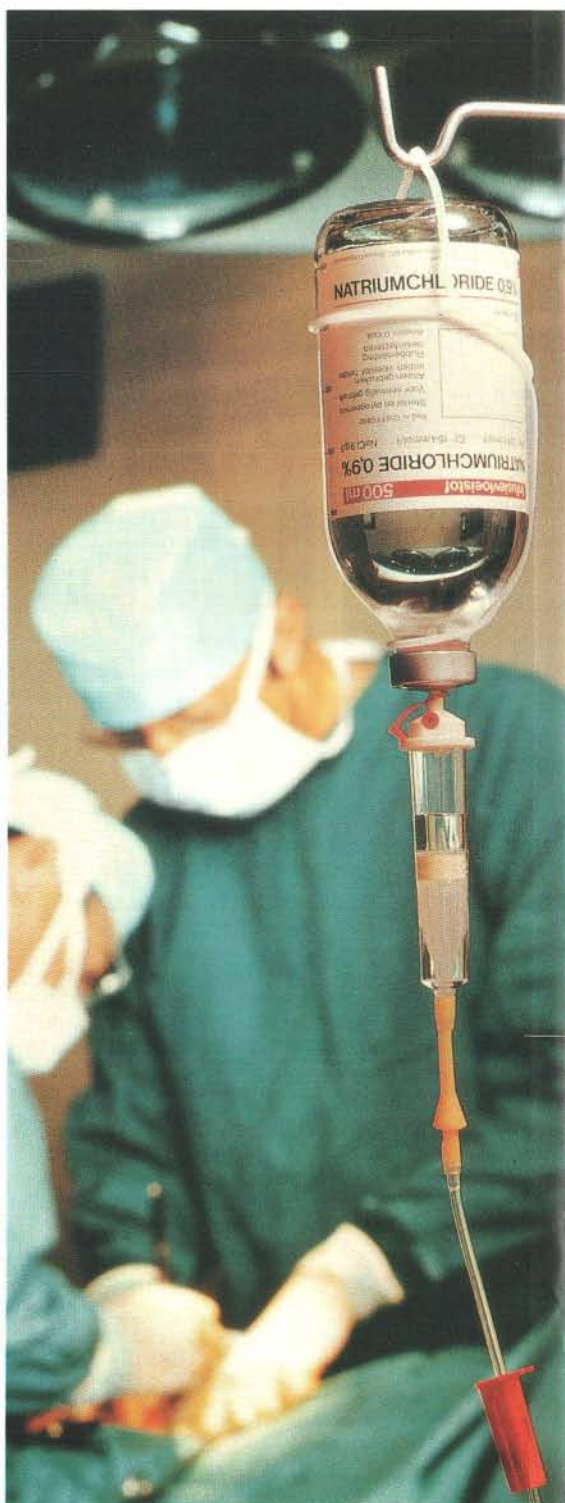
Redenen voor het niet toestaan van bloedgeven kunnen bijvoorbeeld zijn: een ziekte ('griepig'), medicijngebruik (bijv. antibiotica wegens een ontsteking), of de mogelijkheid van een infectie die door transfusie overgedragen kan worden op de patiënt. Dit geldt bijvoorbeeld voor malaria.

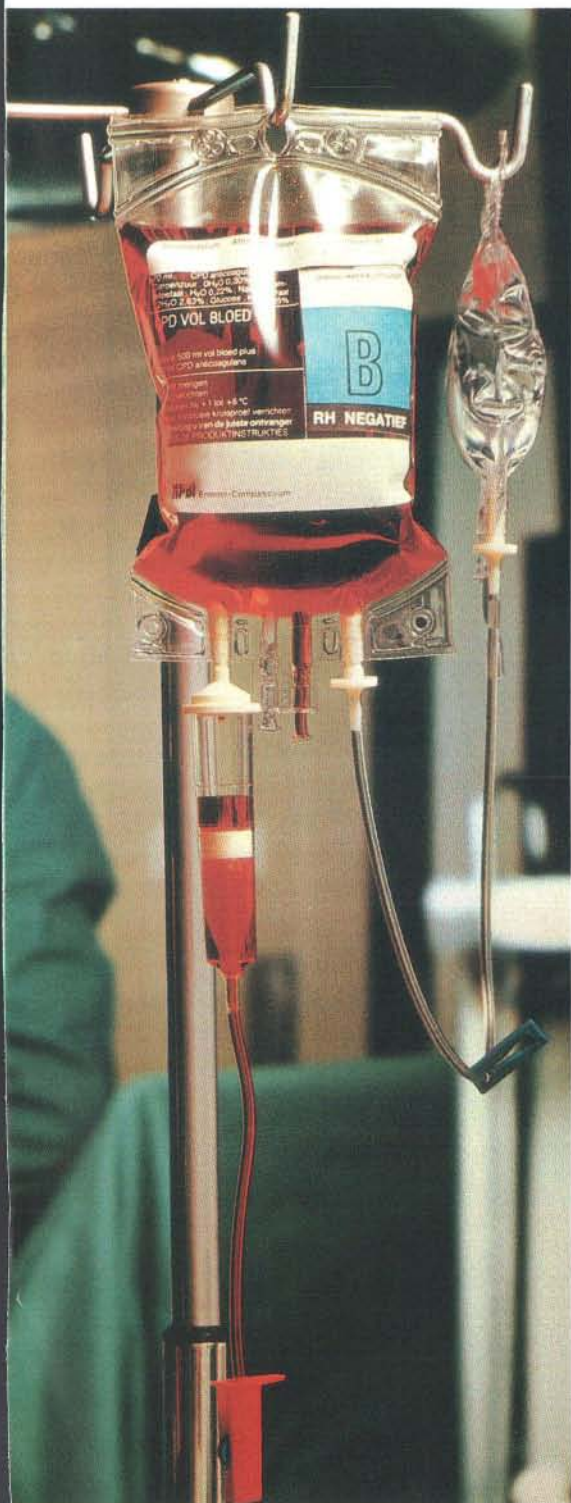
Per donatie wordt vervolgens tussen 450 en 500 ml bloed afgenomen. Deze hoeveelheid is lang geleden gekozen als de hoeveelheid die van een gemiddelde West-europeaan zonder problemen kan worden afgenomen. Het lichaam dient zich na donatie op de nieuwe situatie in te stellen; het hart moet iets harder werken om dezelfde bloeddruk weer op te bouwen. Dit is ook de reden waarom na donatie de donor een kwartiertje moet blijven en wat moet eten en drinken. Indien, bijvoorbeeld door haast, dit niet voldoende gebeurt, is er



Boven: In enkele landen, waaronder de USA maar ook in Spanje, bestaat nog het systeem van betaalde donoren. Toch wordt ook in die landen steeds meer overgegaan op vrijwillige, niet betaalde donoren. Het is te hopen dat donorcentra als op de foto boven en praktijken als op foto geheel boven over enkele jaren niet meer zullen bestaan.

Rechts: Tijdens operaties treedt verlies op van vocht en eventueel van bloed. Deze kunnen apart weer toegediend worden; vocht in de vorm van zgn. fysiologische zoutoplossing (0,9 procent NaCl) en met bloedtransfusie.





een grotere kans op het tekortschieten van het aanpassingsmechanisme van de bloeddruk waardoor de donor flauw zou kunnen vallen. Wordt meer bloed afgenomen, dan zullen meer donoren flauwvallen.

In oosterse landen wordt veel minder bloed per keer afgenomen, tussen 200 en 300 ml. Dit wordt gedaan in verband met het gemiddelde lichaamsgewicht dat bij bijv. de Japanse bevolking aanzienlijk kleiner is dan bij de westerse bevolkingsgroepen.

Bloedgebruik bij operaties

In vele ziekenhuizen is een lijst gemaakt van het aantal donoreenheden (d.i. 450 ml donorbloed + 80 ml citraatoplossing) bloed dat voor een bepaalde operatie klaargemaakt wordt in het bloedtransfusie-laboratorium. Het aantal donoreenheden zou er voor een paar operaties als volgt kunnen uitzien: longoperatie (twee); maagoperatie (een); grote vaatoperatie (vier); heupoperatie (vier).

Aan de hand van de operatielijst voor de volgende dag wordt met dat aantal rode bloedcelmonsters een kruisproef uitgevoerd met het serum van de patiënt. In een groot ziekenhuis kunnen in een jaar wel 15000 zakken bloed gebruikt worden, dat wil zeggen tussen 50 en 75 zakken bloed per werkdag. Indien door de regionale bloedbank iedere dag de voorraad bloed aangevuld wordt, is een voorraad van circa 100 zakken bloed voldoende.

Veel kleinere ziekenhuizen kunnen nooit zo'n grote voorraad hebben, aangezien ze dan veel te veel bloed aan het eind van de bewaar-duur weg zouden moeten gooien. Ook de afstand tussen de bloedbank en het ziekenhuis speelt hierin mee. Indien dit tot enkele tientallen kilometers beperkt blijft, kan gemakkelijk in geval van nood bloed snel van de centrale opslag in een bloedbank naar het ziekenhuis gebracht worden. In een afgelegen streek of op een booreiland is dit meestal niet mogelijk. Om de 'wachttijd' te overbruggen kan dan overwogen worden om bij de patiënt tijdelijk *kunstbloed* (fluorcarbonen) toe te dienen.

Bloedbanken

In Nederland bestaan 22 bloedbanken, in België 41. Deze onafhankelijke stichtingen, die onder de Rode Kruis vlag werken, werven do-

noren, keuren die donoren en nemen van hen bloed af. Dat bloed wordt bewerkt en via centrifugeren gescheiden in de bestanddelen: rode bloedcellen, witte bloedcellen en bloedplaatjes, en plasma.

Donoradministratie

Alle (vrijwillige) donoren zijn bij de bloedbanken geregistreerd en uit deze administratie kunnen naar behoefte donoren opgeroepen worden. In Nederland mogen mannelijke donoren vier maal per jaar geven, vrouwelijke donoren twee maal per jaar.

Onder: De grootste foutenbron in ieder laboratorium is de administratie. Een dergelijke lijst bevat voor een gedeelte al informatie, welke is overgeschreven; de informatie zal na deze lijst nogmaals overgeschreven worden, met alle gevaren van dien. Dit is een van de belangrijkste redenen om te streven naar verregaande elektronische gegevensverwerking.

Rechts: Een donor geeft vrijwillig zijn bloed. De bloedbank moet die donor netjes behandelen. Daaronder valt het zorgen voor een goede stoel of bank of brancard, correcte hulp door de medewerkers (aan balie, bij keuring en bij afname) en verzorging na de donatie, koffie, wat te eten, enz.

11

K 180

CENTRALE MEDISCHE BLOEDTRANSFUSIECOMMISSIE VAN HET NEDERLANDSE RODE KRUIS 'S-GRAVENHAGE

FORMULIER A Bestemd voor inname van bloed van donoren, ingeschreven bij erkende bloedtransfusiediensten, voor het bepalen Bloedgroep en Rhesus-factor en voor het verrichten van lues-reacties.

Voor deze onderzoeken is nodig circa 10 cc bloed (zonder toevoeging van antistollingsmiddel).

Het onderzoek geschiedt op 's Rijkskanten. U gulleve dit formulier in duplo ingevuld in te zenden bij het Streeklaboratorium.

Ingazonden door de Bloedtransfusiedienst van het Nederlandse Rode Kruis.

Afdeling: 's-Gravenhage, Adres: Sportlaan 600 Datum: 28-10-80

Keuring- No.	Naam en Voorletters Man / vrouw	No. Donor	Uitname			Hgb.	Bestijging na 1 uur	Bloedgroep		Rhesus D + / -		Lues reacties		An- tis- co- p- gram	Aut Au
			Ab.	Rhd.	Sed.			R.K.	Sr. Lab.	R.Sr.	Sr. Lab.	Wa.	VDRL		
30-76	W. F. Y	109003						A	A	pos	pos				
44	M. H. N	044470						O	O	neg	neg				
48	H. A. H	015412			✓			O	O	pos	pos				
49	K. X	010200						O	O	pos	pos				
80	Y. K	010498						O	O	pos	pos				
81	N. A	003050						O	O	neg	neg				
82	E. T	010601			✓			O	O	pos	pos				
83	Y	010605						O	O	pos	pos				
84	V. d. J. M	121040			✓			A	A	pos	pos				
85	E. H	121055						A	A	pos	pos				
86	C	121000						A	A	pos	pos				
87	V. Y	121454						A	A	pos	pos				
88	ter J	010838						O	O	pos	pos				
89	Y. van	204115			✓			B	B	neg	neg				
90	J. W	102030						A	A	neg	neg				
91	Y. T	011041						O	O	neg	neg				
92	H. A	121056			✓			A	A	pos	pos				
93	C	010432						O	O	pos	pos				
94	J. Ph. E	122032						A	A	pos	pos				
95	V. He. H. A	013032			✓			O	O	pos	pos				
96	H. J. E	010403			✓			O	O	pos	pos				
97	G	010403						O	O	pos	pos				
98	R. J	010403						O	O	neg	neg				
99	B. J	010603						O	O	pos	pos				
100	C	122103						A	A	pos	pos				



Bloedaafname

Bij het bloedgeven wordt grote aandacht besteed aan het ontsmetten van de huid van de donor. Indien bij het door de huid heen prikken met de bloedaafnamenaald bacteriën via bloed de zak ingaan, ontstaat een besmette zak bloed. Tijdens het afnemen is het belangrijk dat zo nu en dan het bloed grondig met het antistollingsmiddel gemengd wordt, anders ontstaan stolsels in de zak bloed. Het bloed zou hierdoor onbruikbaar worden.

Na afname wordt de plastic zak hermetisch gesloten door de slang dicht te lassen. Er is nu een geheel gesloten plastic zakkensysteem, dat door de fabrikant steriel afgeleverd werd. Wanneer in het bloed geen bacteriën aanwezig zijn, is ook de inhoud geheel steriel. Binnen dit systeem kan de verdere bewerking plaatsvinden.

Laboratorium

De patiënt moet geen nadelige gevolgen ondervinden van het toegediende bloed. Daarvoor is onder meer nodig dat de bloedgroep van het bloed in de zak correct weergegeven wordt op het etiket. Verder moet een aantal mogelijk nadelige eigenschappen van het bloed

nagekeken worden. Het bloed wordt daarom op de volgende afwijkingen onderzocht: het virus dat leverontsteking kan geven (het zogenaamde Hepatitis-B-virus). Ook kijken we of er geen tekenen van een lues(syfilis)-besmetting is. Naar malaria zou bijvoorbeeld ook gekeken kunnen worden, doch dit wordt in de anamnese, de vragen aan de donor vooraf, zo goed mogelijk uitgesloten (zie de vragenlijst op pag. 481).

De laatste jaren is bloedtransfusie in de publiciteit geweest door het AIDS-syndroom, het Acquired Immune Deficiency Syndrome, waaraan, met name in Amerika, veel homoseksuele mannen met snel wisselende contacten lijden. Helaas is hiervoor nog geen goede laboratoriumtest ontwikkeld, zodat het uitsluiten van deze zakken bloed niet op grond van laboratoriumbepalingen mogelijk is. Wél worden de donoren geïnformeerd over deze problemen en hebben bij verschillende bloedbanken donoren zich om die reden niet meer ter beschikking gesteld als bloeddonor.

Bij een donor worden, behalve een zak bloed, ook twee buisjes bloed afgenomen voor laboratoriumtesten. Het bloed wordt bewerkt tot verschillende producten, welke vervolgens in quarantaine bewaard worden, totdat de uitslagen van de laboratoriumtesten bekend zijn.

De laboratoriumtesten

Het gaat in de bloedbanken om drie verschillende laboratoriumbepalingen, nl. de ABO-bloedgroep- en de rhesus-D-factorbepaling; de HBsAg (Hepatitis-B-virusbepaling) en de TPHA (*Treponema Pallidum* Haemagglutinatief Assay)-bepaling of luesserologie op het voorkomen van antilichamen tegen de verwekker van syfilis, *Treponema pallidum*.

In de laboratoria van bloedbanken worden deze drie verschillende soorten testen, enkele honderden malen per dag uitgevoerd. Deze testen kunnen alle met de hand gedaan worden. Voordat het testen begint, worden de buisjes van naam of nummer voorzien. Bij het afnemen van de monsters waren al lijsten gemaakt, eveneens voorzien van naam of nummer. De analist(e) die de test uitvoert schrijft dan de uitslag van de test op deze lijsten. De verschillende lijsten van de verschillende testen worden bij elkaar gelegd en er wordt gekeken of de bepaling van de HBsAg en de TPHA negatief zijn en of de bepaling van de bloedgroep overeenkomt met de gegevens die reeds van die donor bekend zijn. Door deze omslachtige procedure wordt wel begrijpelijk dat al dit overschrijven een bron van fouten is.

Duidelijk is ook dat deze laboratoriumbepalingen zich uitstekend lenen voor automatisering. De ABO-bloedgroep en de rhesusfac-

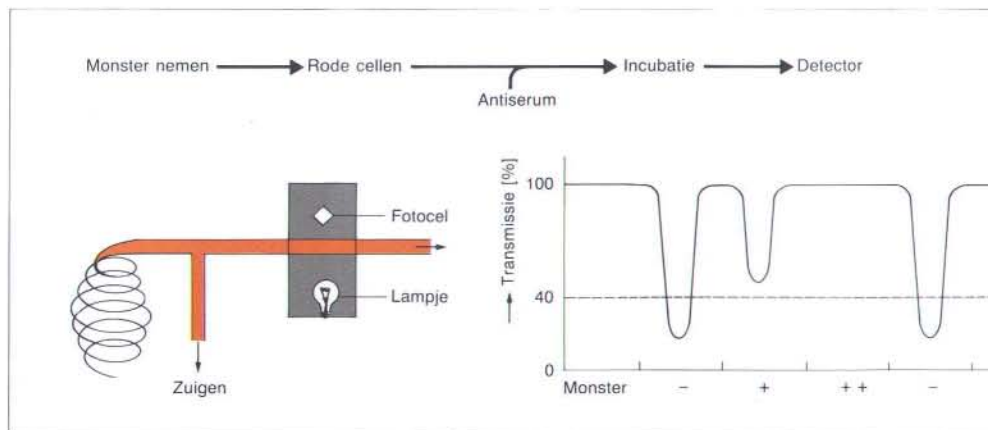
Onder en rechts: Van ieder monster wordt de bloedgroep bepaald met behulp van een laboratoriumautomaat (rechts). Uit de buisjes van iedere donatie wordt plasma opgezogen en ook rode bloedcellen vanaf de bodem voor de beide testen voor het bepalen van de ABO-bloedgroep (onder).



tor worden daarom tegenwoordig met één machine bepaald, terwijl voor de HBsAg- en TPHA-bepaling gebruik gemaakt wordt van een gedeeltelijk machinale, gedeeltelijk handmatige techniek. Deze testen met de nieuwe apparatuur worden hieronder uitvoeriger beschreven.

Onder: Fig. 2. De bepaling van de bloedgroep berust op het al dan niet agglutineren (samenklonteren) van de te onderzoeken bloedcellen met de bekende antisera. Na incubatie worden eventuele agglutinaties afgezogen, de

rest van de vloeistofstroom gaat door de detector. De uitslagen kunnen dan als een lijn op papier geschreven worden. Door drempels te kiezen kan de machine bepalen wat positief en negatief is.





De ABO-bloedgroep- en rhesus-D-factor-bepaling

In de huidige moderne apparatuur worden de te testen rode bloedcellen in een suspensie gemengd met reagentia en worden deze via peristaltische pompen door het systeem gevoerd. Luchtbelletjes zorgen voor de scheiding tussen de vloeistofkolommetjes, zodat achter elkaar verschillende monsters genomen kunnen worden en door het systeem naar de detectoren geleid kunnen worden. Hiertoe worden de monsters in een ketting geplaatst. De besturings-eenheid van de machine, een geprogrammeerde microprocessor, laat een buisje langs een leeskop gaan, waar het bar-code-nummer ('streepjescode') gelezen wordt (zie het intermezzo). Vervolgens neemt een dubbele naald twee monsters uit het buisje: één van bloedcellen onder uit het buisje en één uit het er bovenstaande plasma. De te testen cellen worden bij bekende antisera gemengd; het plasma wordt gemengd met cellen, waarvan de antigeen structuur bekend is.

Een reactie tussen de te testen cellen en een bekend antiserum, bijvoorbeeld anti-A, kan positief zijn, dat wil zeggen dat de cellen het antigeen-A dragen. Als gevolg van deze reactie ontstaan 'samenklontering' (agglutinaties).

Deze agglutinaties zakken naar de onderkant van de glazen buis en worden vervolgens weggezogen (zie fig. 1). Door de detector loopt hierdoor een vloeistof waarin vrijwel geen cellen meer zitten. Het gevolg is dat de detector geen vermindering van transmissie waarneemt; het monster wordt dus als 'positief' genoteerd (zie fig. 2). Bij een negatieve reactie zullen de cellen in suspensie blijven. Een gedeelte hiervan wordt afgezogen, maar het gedeelte van dezelfde suspensie dat door de detector gaat, zal een vermindering van de transmissie van licht veroorzaken (zie fig. 2).

Bloedgroepmachine

De bloedgroep- en rhesus-D-factorbepaling zijn tegenwoordig volledig geautomatiseerd. De bepalingen worden uitgevoerd met behulp van een 'bloedgroepmachine'. De machine heeft twee gedeeltes, links worden de bekende antisera gemengd met de te testen cel-monsters, in het rechter gedeelte wordt het plasma getest tegen bekende cel-monsters. Voor de bepaling van de ABO-bloedgroep en de rhesus-D-factor gebruiken we vijf kanalen aan de 'linker kant' en twee aan de 'rechterkant'. De microprocessor krijgt de signalen van alle zestien detectoren (één per kanaal) binnen en combineert deze met het nummer dat van het

De streepjescode

Een bloedmonster kan, net als een artikel in een winkel, geïdentificeerd worden door een nummer. Bij het overnemen van zo'n nummer op een lijst of nota worden vaak fouten gemaakt bij het overschrijven. Een manier om overschrijffouten te voorkomen is gebruik te maken van een door een machine te lezen streepjescode: een 'bar code' of 'machine-readable'.

Een lampje belicht een serie van smalle en brede, witte of zwarte strepen waarna de reflectie door een fotocel wordt gemeten. In het leesapparaat wordt hierdoor een spanning opgewekt, die gedecodeerd kan worden tot bruikbare informatie binnen een computersysteem.

Er bestaan vele soorten streepjescodes, waarvan de UAC (Uniform Article Coding) de meest bekende is. Deze code wordt onder andere gebruikt op de bekende verpakkingen van levensmiddelen. De code die in de bloedbanken gebruikt wordt, heet Codabar. Ieder karakter (letter, cijfer of teken) bestaat uit zeven witte en zwarte strepen (zie de tabel). Ieder te coderen karakter of serie karakters (bijv. een woord) staat tussen een startcode en een stopcode. Voor alle verschillende soorten informatie zijn deze codes verschillend, zodat de computer meteen herkent waar het over gaat, als de karakters worden ingelezen. In de bloedbanken worden nu drie soorten 'informatie' gecodeerd: de monster-identificatie, de bloedgroep en de bloedproducten.

Uit fig. I-1 blijkt dat de 'd' een paar maal

Onder: Een streepjescode wordt gelezen door een lichtbundeltje over de code te laten schuiven en de reflectie te meten. Een smalle code is een 0, een brede een 1.

Rechts: fig. I-1. Een aantal codes kunnen achter elkaar gezet worden, zodat in één leesactie meer informatie verkregen kan worden.

Geheel rechts: Levensmiddelen worden gecodeerd door de Uniforme Artikel Codering (UAC).

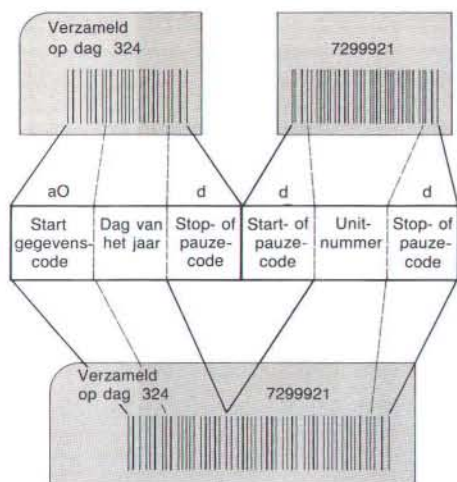
TABEL Voorbeelden van streepjescode		
Nummer	7 bar-code	Bar-patroon
1	0000110	
2	0001001	

voorkomt. Dit teken kan een start-, stop- of pauzeteken (tussen twee groepen karakters in) zijn. Het pauzeteken wordt gebruikt bij het lezen van de twee etiketten waarop het monster-identificatienummer en de bloedgroep staan vermeld. De twee informatieblokken kunnen dan in één beweging met de lichtpen gelezen worden, zonder dat de informatie van beide etiketten wordt onderbroken.

De kans dat een streepjescode fout gelezen wordt is erg klein. Deze wordt geschat op 1 in

TABEL 2. Uitslag bloedgroepmachine.

Monsters	Te testen cellen met					Plasma met		Interpretatie ABO/Rh(D) bloedgroep
	anti A	anti B	anti AB	anti D	anti D	A cellen	B cellen	
Kanaalnummer	1	2	3	4	5	9	10	
Mogelijke	-	-	-	-	-	+	+	0, neg
patronen	-	-	-	+	+	+	+	0, pos
	+	-	+	-	-	-	+	A, neg
	+	-	+	+	+	-	+	A, pos
	-	+	+	-	-	+	-	B, neg
	-	+	+	+	+	+	-	B, pos
	+	+	+	-	-	-	-	AB, neg
	+	+	+	+	+	-	-	AB, pos
Alle andere patronen								'n.t.d.'



10^6 leesacties. Indien 1 op 10^6 niet acceptabel geacht wordt, kan een zogenaamd *controle digit* uitkomst brengen. De foutenkans wordt dan 1 op 10^9 . De eenvoudigste *controle digit* wordt verkregen door de cijfers van het te coderen getal op te tellen en het laatste cijfer van het zo ontstane getal als laatste cijfer toe te voegen aan de code. Na de leesactie met de pen wordt de streepjescode weer omgezet in een getal en de computer berekent of de som van alle cijfers (minus de laatste) gelijk is aan dat laatste cijfer. Is dit zo,

dan wordt het getal geaccepteerd. Is dit niet het geval dan zal het getal genegeerd worden, wat op het beeldscherm aangegeven wordt.

Een nieuwe ontwikkeling op dit gebied van gegevensverwerking is het gebruik van de *laser scanner*. Daarbij schijnt een laserstraal op de streepjescode, waarbij de straal zeer snel heen en weer wordt bewogen. Het artikel met de codering kan dan onder de leeskop gehouden worden en de leesactie geschiedt in enkele seconden met een zeer kleine foutenkans.

monsterbuisje gelezen is. De andere kanalen kunnen gebruikt worden voor de bepaling van andere antigenen. Dit kunnen andere kenmerken zijn van het rhesussysteem, of antigenen van één of meer andere bloedgroepsystemen.

In de computer staat een matrix van mogelijkheden van de verschillende reacties in de zeven hiervoor gebruikte kanalen (zie tabel 2). Alleen de in de laatste kolom genoemde acht bloedgroepatronen worden geïnterpreteerd als een bestaande bloedgroep. Alle andere patronen worden uitgeprint met: 'n.t.d.' = 'no type determined'. Het monster wordt dan nogmaals bepaald, of de verantwoordelijke analist bepaalt de bloedgroep handmatig en voert de uitslag dan in de computer in.

De ABO-bloedgroepbepaling heeft door het cellenmonster en het plasmammonster een controle 'binnen' de test. Voor de D-antigenebepaling geldt dit niet. Daarom worden hiervoor twee antisera gebruikt.

Het plasma van de donoren kan gemengd worden met cellen van de ABO-bloedgroep 'O'; maar ook met andere antigenen. Indien nu een donor antilichamen heeft tegen deze rode bloedcellen, zal een positieve reactie geregistreerd worden. Dat plasma zal dan niet voor transfusie-doeleinden gebruikt mogen worden.

Alle uitslagen, die de bloedgroepmachine produceert, worden overgeseind naar een computer in het laboratorium, waar de uitslagen van alle testen gecombineerd worden.

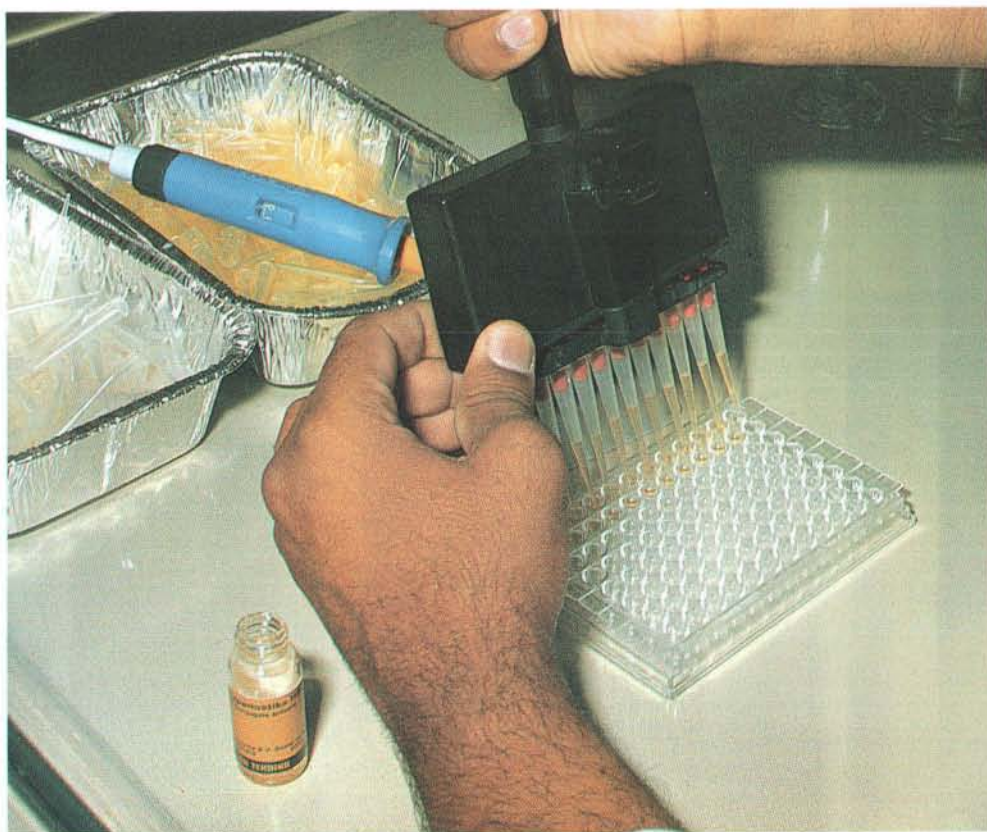
Hepatitis-B-(HBsAg)-bepaling

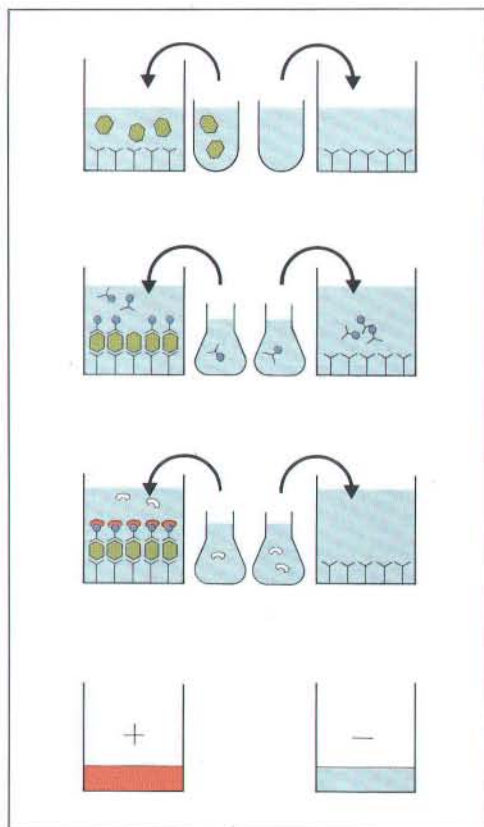
Het virus dat geelzucht veroorzaakt, heeft op zijn buitenoppervlak een kenmerk (een antigeen), dat immunologisch aan te tonen is: het zogenaamde Hepatitis-B surface antigen of HBsAg. Er bestaan in de praktijk twee methoden om dit antigeen aan te tonen: door een

Rechts: Voor de hepatitis-bepaling wordt de streepjes-code op een buisje gelezen. Daarna wordt een monster in de putjes van de microtiterplaten gepipetteerd.

Onder: De HBsAg-bepaling is gedeeltelijk geautomatiseerd. Er blijven toch nog een aantal stappen, welke hoogwaardig laboratoriumwerk betekenen.

Rechtsonder: Fig. 2. Het principe van de Enzym Linked Immuno Sorbent Assay is het aanbrengen van een antilichaam op de wand van het putje. Een antigeen (HBsAg) het te testen monster zal zich er aan hechten, ook na wasen. Een antilichaam met daaraan een enzym kan dan een kleurloos substraat omzetten in een gekleurde verbinding, welke gemeten kan worden.





RIA (Radio Immuno Assay) of door een ELISA (Enzym Linked Immuno Sorbent Assay). De RIA-bepaling die al tien jaar bestaat en door de hele wereld gebruikt wordt, is zeer gevoelig. Hoewel de gebruikte dosis radio-activiteit gering is, blijft het nadeel dat het gebruik beperkt is tot speciaal daarvoor ingerichte laboratoria.

De ELISA-techniek is echter de laatste vijf jaar tot hetzelfde niveau van gevoeligheid als de RIA-techniek ontwikkeld, terwijl hiervoor geen radio-activiteit nodig is. Er wordt gebruik gemaakt van microtiter-platen (plastic plaatjes met 96 uitsparingen, 'putjes') waarin de tests uitgevoerd worden. De maximum hoeveelheid vloeistof per putje is iets minder dan 1 ml.

Het principe van de test is eenvoudig. De bodem van de putjes is bedekt met een antilichaam, in ons geval het anti-HBs. In de putjes wordt 100 μ (dus 0,1 ml) serum gepipetteerd en de immunologische reactie krijgt de kans zich te ontwikkelen tijdens de incubatie (= het laten staan) gedurende 1-2 uur bij 37°C. De vloeistof wordt dan afgezogen en de putjes worden enkele malen met een zoutoplossing gespoeld (gewassen). Daarna wordt een oplossing van antilichamen met een daaraan gekoppeld enzym toegevoegd en dit wordt 1 uur geïncubeerd.

Indien in het te testen serum het HBsAg aanwezig was, heeft dat zich gebonden aan de bodem van het putje en heeft het later toegevoegde anti-HBs zich daaraan gehecht. Het enzym is nu dus 'gebonden'. Bij een serum, waarin zich géén HBsAg bevindt, zal het enzym alleen in de oplossing aanwezig zijn, dus 'niet gebonden' aan de wand.

Wanneer nu weer gespoeld wordt, zal bij een HBsAg-positief plasma het gebonden enzym aanwezig blijven, bij een negatief monster zal al het enzym weggewassen worden. De aanwezigheid van het enzym wordt bepaald door een stof toe te voegen, die zelf kleurloos is, maar in een gekleurde verbinding wordt omgezet door dat gebonden enzym. Bij aanwezigheid van HBsAg zal zich dus een kleur ontwikkelen, een negatief monster blijft kleurloos. De reacties in de 96 putjes per plaat worden afgelezen in een acht kanaals spectrofotometer. De gemeten absorpties worden op een papierstrook uitgeprint en de meetgegevens worden doorgegeven aan en opgeslagen in een kleine computer.



De apparatuur voor de HBsAg-bepaling bestaat o.a. uit een reader (links), die zijn informatie doorgeeft aan een microcomputer. Rechts daarvan staat de pipetteerauto-maat die de monsters in microtiterplaten pipetteert. Dit wordt ook door de microcomputer gestuurd.

Computerverwerking

Deze kleine computer doet meer dan alleen de meetgegevens verwerken. Uitgaande van onze wens om steeds een positieve monsteridentificatie te hebben, gaan we weer uit van een buisje met bloed van de donor, gelabeld met een bar-code-etiket. Samen met de fabrikant van de test, is in de afgelopen twee jaar een apparaat ontwikkeld, dat de buisjes op dezelfde manier aanvoert als bij de bloedgroepbepalingsmachine en dat vervolgens het streepjescode-etiket leest. Hierna wordt het monster genomen en gepipetteerd in een putje van een microtiterplaat. Het computertje onthoudt in een gegevensbestand ('file') het nummer en de positie in de plaat.

Luesserologie

Behalve voor de HBsAg-test vult dezelfde pipetteerauto-maat een microtiterplaat uit voor de lues-(syfilis)-serologie. Deze geslachtsziekte, die wordt veroorzaakt door de bacterie *Treponema pallidum*, kan door bloedtransfusie

overgebracht worden. In de TPHA (*Treponema Pallidum* Haemagglutinatief Assay) wordt bepaald of er antilichamen tegen een antigeen dat op de *Treponema pallidum* zit, aanwezig zijn.

In deze test worden bepaalde deeltjes (rode bloedcellen van een dier, of latexpartikels) met het antigeen van de *Treponema* gemerkt. Indien een serum, na samengebracht te zijn met deze 'gemarkeerde' deeltjes, een antilichaam tegen het antigeen bevat, zal een ander agglutinatiem patroon ontstaan dan wanneer dat antilichaam afwezig is. Dit wordt na enige handmatige bewerkingen met de achtkanaals fotometer afgelezen.

Na het aflezen van de platen staan in het geheugen van de computer de posities in de plaat met de uitslag. Het monsteridentificatienummer met de positie in de plaat was al in het geheugen aanwezig. Dus weten we nu de uitslag, per donor. Deze gegevens worden vervolgens per donatie doorgegeven naar de laboratoriumcomputer, die deze gegevens bij de al bestaande voegt.

00110
TIME
DATE 0 20
SAMPLE 110
DOP 930 -4 25
DATE 0 01 00 53
TIME 0 01 50 57
CODE 01 000000

MD -11 OUT
NO COMPLETION AT 0.000000 P.2.0000000
NO RESULTS AT 0.000000

LABEL	BLK	END	TEST	RESULT	TEST	RESULT	TEST	RESULT	TEST	RESULT	TEST	RESULT	TEST	RESULT	TEST	RESULT	TEST	RESULT	TEST	RESULT
001	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
002	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
003	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
004	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
005	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
006	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
007	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
008	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
009	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
010	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
011	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
012	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
013	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
014	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
015	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
016	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
017	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
018	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
019	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
020	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
021	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
022	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
023	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
024	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
025	0121420	D	HEB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

De ABO-machine drukt de resultaten van de serologische reacties af bij het monsteridentificatienummer, dat via een streepjescode gecodeerd is. Bij herkennen van een patroon geeft de machine een interpretatie; anders komt een NTD (No Type Determined) te staan.

Controle en 'vrijgeven' van bloed

In de laboratoriumcomputer zijn nu de drie gegevens per donatie binnengekomen, namelijk: de ABO-bloedgroep en de rhesus-D-factor; de HBsAg-bepaling; de luesserologie. Per donor zijn de bloedgroepen als onveranderlijk gegeven bekend. De bepaalde bloedgroep wordt vergeleken met de oude gegevens. Indien deze overeenstemmen, wordt aangenomen dat alles goed is en kan de bloedzak 'zijn weg' vervolgen.

De volgende stap in de procedure is het 'vrijgeven'. De produkten die uit een zak bloed gemaakt zijn, worden bewaard in de quarantainekast, want ze mogen pas gebruikt worden, als alle laboratoriumgegevens correct be-

vonden zijn. Duidelijk moet ook zijn, welke zakken wel en welke zakken niet voor transfusiedoeleinden gebruikt mogen worden.

Alle zakken van een bloedafnamesysteem zijn geïdentificeerd met hetzelfde type-nummer, dat zowel 'eye-readable' is, als 'machine-readable'; het nummer is zowel in cijfers als in streepjescode afgebeeld. Na het verkrijgen van de produkten uit een zak bloed, worden deze gelabeld met een produkt-etiket. Ook op deze etiketten staat de informatie als tekst en als streepjescode.

Bij een vrijgaveprocedure neemt een analist een zak met een produkt en leest het donatienummer en de produktcode met de lichtpen. Wanneer alle tests correct zijn, verschijnt de bloedgroep van die donatie op het scherm. De analist plakt het bloedgroepetiket en moet dan weer met de lichtpen over het donatienummer én over de codering van de bloedgroep strijken, of het juiste etiket opgeplakt is.

Indien een van de tests niet de goede uitslag geeft, wordt dit na het lezen van het donatienummer op het beeldscherm getoond. Er wordt dan een etiket geplakt, waarop staat dat dit produkt niet voor transfusie geschikt is. Indien bijvoorbeeld een uitslag ontbreekt, omdat een test mislukt is, worden de produkten die ontstaan zijn uit die donatie in een aparte koelkast bewaard, tot alle uitslagen compleet zijn.

Het zal duidelijk zijn dat als bijvoorbeeld de HBsAg-test positief is, alle produkten uit die donatie vernietigd worden. Ook wordt dan door een keuringsarts de donor opgeroepen en wordt met hem/haar besproken of en zo ja, hoe, verder onderzoek gewenst is.

Vanuit de donorcentra komen zakken bloed en buisjes naar de bewerkingsafdeling en het laboratorium. Tegelijkertijd worden de zakken bewerkt tot verschillende produkten en worden de testen uitgevoerd. De informatie uit die testen wordt gebruikt om te beslissen of de gemaakte produkten gebruikt mogen worden. Nergens worden gegevens met de hand overgeschreven en dat was het eerste doel dat we onszelf gesteld hadden.

Bronvermelding illustraties

Lennart Nilsson. Uit: Ondek de mens, Uitgeverij Ploegsma, Amsterdam: pag. 478-479.
Nederland Produktlaboratorium voor Bloedtransfusieapparatuur en Infusievloeistoffen B.V., Emmen-Compascuum /

Antoni van Leeuwenhoekhuis, Amsterdam: pag. 479 onder, 480 boven, 482-483.
Hanns-Christoph Koch, Frankfurt: pag. 482 links.
Ahold bv, Zaandam: pag. 489.
Alle overige opnamen zijn afkomstig van de auteur.

ACTUEEL

Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving
natuur en techniek

Rampen op bestelling

Een van de zaken die na de bijna-ramp in de kerncentrale van Harrisburg bleken, was de hopeloze ondoelmatigheid van de controlekamer. De operators werden gek van de kakafonie van alarmsignalen, waarbij de onbenullige evenveel aandacht eisten als de echt belangrijke. Er was geen systeem dat signalen met één basisoorzaak groepeerde of zorgde voor een hiërarchie die de belangrijkste dingen eerst doorgaf. De hele lay-out van de meters, signalen, knoppen en hendels was evenmin ergonomisch. Bovendien was de ploeg onvoldoende getraind in het behandelen van noodsituaties.

De industrie heeft daar het nodige uit geleerd. Zoals dat voor de bestuurders van vliegtuigen en mammoetschepen al lang het geval is, zijn er nu bijv. ook simulatoren voor de 'bestuurders' van kerncentrales. De foto toont de meest gesofisticeerde daarvan, ontwikkeld door Marconi en de Schotse elektriciteitsmaatschappij.

De simulator is een exacte kopie van de controlekamer van de 600 MW centrale Hunterston B. Niet minder dan 52 microprocessors werken parallel om de reactor, turbines, stoomketels, koeling, generatoren en hulpgeneratoren na te bootsen. Leerlingen kunnen deelopdrachten oefenen of in groep de complete centrale bedienen. Op ieder gewenst ogenblik kunnen de instructeurs problemen doen ontstaan, waar en van welke aard dan ook.

Niet alleen worden nieuwe operators vertrouwd gemaakt met de centrale en alle mogelijke rampen, ze kunnen ook leren van hun fouten omdat de simulator alles op band zet. Ervaren operators blijven door zo'n simulator toch voldoende vertrouwd met situaties die ze maar heel zelden in de praktijk tegenkomen. Bovendien kunnen nieuwe procedures uitgetest worden zonder dat men moet opdraaien voor de eventuele onvoorziene gevolgen.

(Persbericht Engelse Ambassade)

In deze simulator voor de controlekamer van een kerncentrale dalen de rampen alleen neer over de hoofden van de operators, zonder dat de rest van de wereld er last van heeft.

Hydraulische tandarts

Tandentrekken is niet alleen kwestie van brute kracht (hoe wel!), maar ook van techniek. Die trektechniek wordt de tandartsen uiteraard aangeleerd voor ze op patiënten losgelaten worden. Vaak moet de tandarts met de tand heen en weer bewegen, ongeveer zoals wij wel doen met een weerspannige champagnekurk. Het gevolg is een relatief grote wonde.

Om dat te vermijden ontwikkelde de Australische tandarts Edwin Henrich een hydraulisch apparaat, dat de zieke tand zonder zijdelingse rukken in één aanhoudend trekkende beweging uit de kaak haalt.

(Bild der Wissenschaft)



Beschimmelde biotechnologie

Onderzoekers van de Landbouwhogeschool Wageningen en TNO hebben goede vorderingen gemaakt met het inbouwen van vreemd erfelijk materiaal in schimmels. Het team heeft met succes stukjes DNA in schimmels 'ingemonteerd' en aan het werk gezet: de eiwitten waarvoor het vreemde DNA codeert werden na de montage inderdaad gevormd. Hoewel de methode nog in een laboratoriumfase verkeert, is hiermee weer een belangrijke stap vooruit gezet op het gebied van biotechnologische toepassingen. Momenteel speelt ook in de Benelux de schimmel al een rol van betekenis in de productie van antibiotica, conserveringsmiddelen, zoals citroenzuur en diverse enzy-

men die o.a. in wasmiddelen gebruikt worden.

Hierbij gaat het om schimmelmuntanten die voor dat doel moeizaam geselecteerd zijn. Daartegenover zullen genetisch gemanipuleerde schimmels de mogelijkheid bieden gericht stoffen te gaan maken, waarbij de opbrengsten veel hoger zijn. Alles wijst erop dat de schimmel veel geschikter is om vreemd genetisch materiaal (van een plant bijvoorbeeld) op te nemen en de producten daarvan met grotere efficiëntie aan te maken en uit te scheiden dan de totnogtoe meestal gebruikte *E. coli*-bacteriën.

(Persbericht LH Wageningen)

Loopcomputer

Een schoen met ingebouwde klok, voor sommige joggers een uitkomst (?) Deze sportschoen, aangeduid met de naam 'Micropacer', heeft een apart vak bovenop de wreef waarin een kleine rekenmachine is ondergebracht. Behalve gegevens over de afgelegde afstand, de gelopen tijd en de gemiddelde snelheid, levert hij ook het calorieënverbruik of de tijd om een bepaalde afstand af te leggen. Voeding van het apparaatje gebeurt via een klein batterijtje. En nu maar wachten tot de internationale federatie van tijdopnemers het lidmaatschap openstelt voor schoenen.

(Eurosport und Freizeitmode)

Deze 'Micropacer' sportschoen heeft een ingebouwde chip waarmee je o.a. loopsnelheid, afstand en calorieënverbruik kunt uitrekenen. (Foto: Borsumy Sport B.V., Etten-Leur).



Reus voor een gat

Een gaatje van 5 μ m doorsnee in een folie, één maar. Dit is Reimar Spohr van GSI te Darmstadt en Holger Kieserwetten van de RWTH te Aken gelukt. Dat gaatje konden ze gebruiken om bepaalde bloedziekten beter te onderkennen en diagnosticeren.

Bloed bestaat o.a. uit zo'n 10 miljard rode bloedlichaampjes met een diameter van 7 μ m. Deze bloedlichaampjes moeten zich door het 500 km lange haarvatensysteem wringen, waarbij de passages soms slechts 3 μ m zijn. Gezonde bloedlichaampjes hebben daar geen moeite mee, omdat ze zich deformeren kunnen.

Een aantal bloedsomloopziekten nu zijn terug te voeren op deze vervormbaarheid, zodat een instrument om deze te meten veel gemak zou betekenen. Door manipulatie van een bundel zware ionen uit de 100 meter lange versneller van het GSI was het mogelijk om slechts één gaatje van 5 μ m te maken. De folie werd ingebouwd in een apparaat waarmee men gemakkelijk het vervormingsvermogen van zo'n 200 bloedlichaampjes kan nagaan.

(Bild der Wissenschaft)

Rectificatie

In het vorige nummer staan de foto's op pag. 404 verkeerd. Ze moeten verwisseld worden en tevens ondersteboven bekeken worden. De foto's zijn gemaakt door dr. D. Gehlert en J.K. Wamsley, beide van de University of Utah, Salt Lake City, en door R. Speth van de Cleveland Clinic Found., Cleveland.



Vliegtuigen onder stoom

Ing. C.W.A. Oyens te Hilversum schrijft ons: Sinds de proeven met de door stoom aangedreven „Avion” van Clément Ader, waarmee deze alweer bijna vergeten luchtvaart-pionier in 1897 experimenteerde, heeft het vraagstuk van de stoommachine als voortstuwingswerktuig voor vliegtuigen veel van zijn actualiteit verloren. De snelle ontwikkeling van benzine- en ruwe oliemotoren is er in de eerste plaats oorzaak van, dat aan de mogelijkheden van de stoommachine op verkeersgebied in de laatste jaren weinig aandacht meer besteed is. Dat er desondanks telkens weer berichten opduiken van min of meer geslaagde experimenten met ultra-lichte stoomwerktuigen, bewijst, dat de ontwikkelingsgang van de stoommachine nog geenszins afgesloten is en dat wellicht ook op luchtvaartgebied voor de uiterst bedrijfszekere en goedkope stoomaandrijving een toekomst weggelegd kan zijn.

In dit verband verdienen de eenige maanden geleden op het vliegveld van Oakland (Californië) gehouden proefvluchten met een door stoom aangedreven sportvliegtuig meer dan gewone belangstelling. Een normale „Travel-Air”-tweedekker, type 2000, was met een door den constructeur Besler gebouwden „stoommotor” uitgerust, die bij 1625 omwentelingen per minuut 150 PK ontwikkelde. Deze motor is niets anders dan een uiterst kleine en lichte compound-machine met in V-vorm geplaatste cylinders (boring resp. 51 en 133 mm, slag 76 mm, totaalgewicht 82 kg).

De stoom wordt ontwikkeld in een volgens een gepatenteerd systeem gevormde buis, van in totaal 150 m lengte, en onder een druk van 85 at. in den motor toegelaten. Achter den „stoomketel”, waarin deze buis ingebouwd is, bevinden zich de tank voor het voedingswater en een brandstofreservoir. Als brandstof wordt ruwe olie gebruikt.

Met behulp van een onderaan het vliegtuig, op de plaats waar zich in normale gevallen de

radiateur bevindt, aangebrachten condensator wordt ca. 99% van het voedingswater teruggevonden. In verband daarmee konden de afmetingen van de watertank betrekkelijk klein gehouden worden.

De Besler-machine wordt in gang gezet door inschakelen van een electrischen compressor, die in de juiste verhouding lucht en brandstof in de verbrandingsruimte om de stoombuis blaast. Door een bougie wordt het mengsel daar tot ontbranding gebracht. Overigens geschiedt de reguleering van dezen stoommotor automatisch, zoodat de bestuurder alleen de smookklep en den omkeerhefboom te bedienen heeft. Een van de voordeelen van een stoommachine boven een benzinemotor is immers, dat de draairichting gemakkelijk omgekeerd kan worden, waardoor bijv. bij den uitloop na de landing van de remwerking van een in omgekeerde richting draaienden propeller gebruik gemaakt kan worden.

Opvallend was bij de proefvluchten de geruischloze werking van den stoommotor. De bestuurder van het vliegtuig kon zich zelfs zonder veel moeite voor de toeschouwers op den grond verstaanbaar maken!



Nationale Luchtvaartschool

Een overzicht van de snelle ontwikkeling der N.L.S. verkrijgt men door vergelijking van de vliegrekken der leerlingen gedurende de jaren 1927 tot op heden. Opmerkelijk is hierbij het feit, dat ondanks de huidige economische depressie het aantal vliegrekken in 1933 meer dan 40 procent hooger was dan het jaar daarvoor. Vooral de laatste maanden is de toeloop van nieuwe leerlingen zeer groot, zoodat 1934 ongetwijfeld nog veel gunstiger resultaten zal opleveren.



**Zojuist
verschenen**

AIDS

Deze ziekte heeft onderhand de vorm van een epidemie aangenomen. De letters AIDS staan voor: 'Acquired Immune Deficiency Syndrome', dus een verminderde afweer. Dit heeft tot gevolg dat vatbaarheid voor infecties door bacteriën, schimmels en virussen is toegenomen. Mensen met een verminderde afweer kunnen ook ziek worden van micro-organismen die bij veel mensen in het lichaam worden aangetroffen, maar die normaal geen ziekteverschijnselen veroorzaken.

AIDS-patiënten vertonen een zeer sterke vermindering van diverse immunologische functies. Ze sterven dikwijls aan infecties van een type dat vrijwel uitsluitend voorkomt bij lijdende aan reeds bekende immuundeficiënties. Vaak is de doodsoorzaak een vorm van kanker (Kaposi sarcoom genaamd), die tot dusverre voornamelijk in Afrika voorkwam en in Westerse landen soms ontstaat bij mensen met een getransplanteerde nier. Het vermoeden ligt voor de hand dat het Kaposi sarcoom veroorzaakt wordt door een virus, dat alleen maar een kans krijgt als de normale afweer sterk is afgenomen.

De combinatie besmettelijkheid (de overdracht onder homoseksuelen), immuundeficiëntie, virus en kanker maakt dat deze nieuwe ziekte de intense belangstelling heeft van grote groepen medische onderzoekers. Behalve medische gevolgen heeft de ziekte ook zeer ingrijpende sociale en politieke aspecten, niet alleen als gevolg van de hoge sterftekans, maar vooral omdat deze ziekte zijn slachtoffers voornamelijk maakt onder een minderheid uit onze samenleving, de homoseksuelen. Enerzijds dient voorkomen te worden dat het juist overwonnen geloof, dat ziekte de straf is voor begane zonden, weer herleeft, anderzijds moeten ook alle voorzorgen worden genomen om verspreiding van de ziekte, bijv. via bloedtransfusies, tegen te gaan.

Omdat er zoveel onduidelijkheid heerst over de oorzaken, blijkt de berichtgeving dikwijls fragmentarisch en verwarrend.

AIDS is een probleem, waar iedereen mee te maken heeft. Met dit cahier is een poging gedaan de heersende inzichten hierover op (wetenschappelijk) verantwoorde en begrijpelijke wijze te presenteren.



Inhoud en auteurs

Voorwoord
Prof. dr. D.W. van Bekkum

AIDS en syfilis
Overeenkomsten en verschillen
Drs. F.A. Stemvers

De AIDS epidemie
Dr. A.A. van Es

Het ziektebeeld
Dr. S.A. Danner

De speurtocht naar de
verwekker van AIDS
Dr. P. Bentvelzen

Nederlands onderzoek op grote
schaal
R.A. Coutinho

Bloedtransfusie en AIDS
Prof. dr. V.P. Eijssvoegel

Gevolgen voor de homo-cultuur
Drs. J.W. van der Linden

Voorlichting en preventie
Drs. H. Moerkerk

Voor abonnees op de serie Cahiers
Bio-Wetenschappen en Maatschappij
is dit het tweede nummer van de huidige
9e jaargang.
Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar):
f 32,50 of 620 F. Voor studenten en/of
abonnees op Natuur en Techniek

f 30,- of 570 F. Losse nummers: f 8,50
of 160 F (excl. verzendkosten).
Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek -
Informatiecentrum - Op de Thermien -
Postbus 415 - 6200 AK Maastricht. Tel.
043-54044.
Vanuit België: 00-314354044.

KREATIVITEIT EN SYSTEMATIEK

Kreativiteit wordt vaak als toeval of gave gezien. Nieuwe ideeën schijnen spontaan te ontstaan. Toch kunnen zulke scheppingen zich niet aan een heel bepaalde systematiek van initiatief en vorming onttrekken.

Kennis van deze systematiek maakt het mogelijk de eigen creativiteit beter te begrijpen en te ontplooien.

Wij hebben de resultaten van veel jaren van onderzoek in cursusvorm samengevat. Interessenten voor deze zeer individuele cursus richten zich voor toezending van verdere informatie tot:
Ir. H.T. Frenken, Schaesbergerweg 45, 6415 AC Heerlen.

Informatie over biotechnologie, DNA-recombinatie en maatschappelijke gevolgen van micro-elektronika

Met vragen over deze drie onderwerpen en voor materiaal voor scriptie of werkstuk kunt u terecht bij de

Dienst Wetenschapsvoorlichting

N.Z. Voorburgwal 120

1012 SH Amsterdam

tel. (020) 23 23 04

Directe beantwoording van vragen en snelle toezending van informatiemateriaal. Vermeldt bij uw vraag s.v.p. deze advertentie.

Dienst Wetenschapsvoorlichting